2890

THE
CHARLES MYERS
LIBRARY

Ex Libris
Dr. C. S. Myers

NATIONAL INSTITUTE
OF
INDUSTRIAL
PSYCHOLOGY

T

22500605887

Med
K35659

C. S. Myers
G K

NATIONAL INSTITUTE OF
INDUSTRIAL PSYCHOLOGY
LIBRARY
ALDWYCH HOUSE, W.C.2.

NATIONAL INSTITUTE OF
PLANT HEALTH
LIBRARY

BIBLIOTHÈQUE INTERNATIONALE

DE PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

NORMALE ET PATHOLOGIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

Du Dr TOULOUSE

Médecin en chef de l'Asile de Villejuif,
Directeur du Laboratoire de Psychologie expérimentale
à l'École des Hautes Études.

Secrétaire : N. VASCHIDE

LE MOUVEMENT

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b28100128

LE MOUVEMENT

PAR

R. S. WOODWORTH

TRADUIT D'APRÈS LE MANUSCRIT DE L'AUTEUR

PAR

Mlle le Dr Elvire SAMFIRESCO

Avec 15 figures dans le texte.

PARIS
OCTAVE DOIN, ÉDITEUR
8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1903

775 036

WELLCOME INSTITUTE
LIBRARY

Coll. WelMOmec

Coll.

No. WIL

GKC

LE MOUVEMENT

LA PSYCHOLOGIE DU MOUVEMENT

Depuis quelques années, on accorde plus d'attention au mouvement, et l'on fait des recherches psychologiques dans ce domaine. Cette étude est de plus en plus empreinte de cette idée que tout état ou processus mental a son côté moteur. Les phénomènes des mouvements du corps jouent un grand rôle dans les théories de la perception de l'espace et du temps, de la mémoire et du jugement, de l'attention et de la volonté, des émotions, des appréciations esthétiques, et enfin de la constitution de la conscience comme unité. Quelques-unes de ces théories assignent un rôle important aux sensations du mouvement, d'autres à leur exécution. Le contenu de la conscience consiste en une très large mesure, en sensations produites par les mouvements du corps, et d'autre part, toute sensation, toute pensée ou émotion, a une tendance à s'exprimer en mouvements corporels.

Au point de vue générique, la vie consciente des animaux ou des hommes est bâtie sur les bases de l'arc réflexe. Les stimulations affectant le cerveau à

travers les nerfs sensoriels, incitent à l'action certains nerfs moteurs, et de la sorte résultent certains mouvements ; aussi donnent-elles naissance à certains états conscients. La réponse motrice et l'état conscient sont des parties et des parcelles d'un processus, qui renferme aussi la stimulation. Le processus mental, considéré en lui-même, n'est qu'un fragment ; l'unité réelle, c'est la réponse totale à la stimulation.

Un jour, on écrira une psychologie compréhensive au point de vue du mouvement, décrivant la partie motrice de chaque processus mental, et en traitant chacun, comme une partie de la réponse motrice à la stimulation. De nouvelles connaissances seront apportées, en considérant les perceptions, les émotions et les décisions comme autant d'actes moteurs, et en en étudiant les détails moteurs. Mais les matériaux manquent, pour traiter la psychologie sur ces bases, d'une façon synthétique. Un livre comme celui-ci, qui doit se limiter aux faits établis empiriquement, ne peut, quant à présent, s'aventurer sus un aussi vaste champ.

Les matériaux effectifs dont on dispose pour une étude psychologique du mouvement, sont de deux sortes. Il y a une grande quantité d'expériences déjà faites sur la perception des mouvements corporels ; et ensuite, il y a des observations isolées sur les différentes formes de la production du mouvement. Pour correspondre à ces deux parties, cette étude se divise naturellement, et traitera :

Premièrement, de la perception des mouvements corporels ;

Secondement, de la production des mouvements corporels.

PREMIÈRE PARTIE

LA PERCEPTION DES MOUVEMENTS CORPORELS

CHAPITRE PREMIER

LE SENS MUSCULAIRE

Bien que chacun de nos sens puisse nous faire connaître les mouvements de notre corps ou de ses parties, et quoique la vue, l'ouïe et le toucher puissent nous procurer des données certaines sur nos mouvements, — comme par exemple, la vue nous informe sur les mouvements de nos bras et de nos mains, et l'oreille, d'une façon plus parfaite encore, sur ceux du larynx, — il y a cependant deux sens, qui intéressent spécialement les mouvements corporels et qu'on peut *par excellence* nommer, les sens du mouvement. Ce sont le sens musculaire, et le sens dont l'organe sont les canaux semi-circulaires.

Ces deux sens nécessitent une attention spéciale.

En cas de chacun de ces sens, nous aurons à nous occuper de son existence réelle. Plusieurs auteurs ont hésité à admettre un « sixième sens » et ont émis

l'opinion que toutes nos perceptions sur le mouvement du corps peuvent nous être fournies par nos traditionnels cinq sens.

Depuis que ce terme de « sens musculaire » a été pour la première fois employé par M. Charles Bell, l'encre a coulé à flots[1]. Aujourd'hui, les preuves accumulées, anatomiques, expérimentales et cliniques, ont assez plaidé en faveur du sens musculaire ; cependant, on trouve encore quelques auteurs sceptiques.

Une certaine confusion était née, de ce qu'on avait employé le terme de sens musculaire, pour désigner le sens supposé de l'innervation. A proprement parler, ce terme doit être employé pour désigner un sens, dont les organes périphériques ou terminaisons nerveuses se trouvent dans les muscles.

Ce chapitre est consacré à mettre en évidence l'existence d'un sens du mouvement, dont les organes se trouvent dans les muscles, ou dans les parties adjacentes.

Nous aurons à éclaircir trois points :

1° Des nerfs sensoriels et des terminaisons nerveuses se trouvent dans les muscles ;

2° Les sensations du mouvement naissent des muscles ou des autres parties internes du membre en mouvement, et non pas simplement de la peau ;

3° Il n'existe point de sensations d'innervation.

1. Voir pour la bibliographie et pour une vue d'ensemble de la question, V. Henri, *Année psychologique*, 1898, V, 399-567. — De même Ed. Claparède. *Du sens musculaire, à propos de quelques cas d'hémiataxie posthémiplégique.* Genève, 1897.

I. Les nerfs sensoriels et les organes terminaux du sens musculaire. — Évidence anatomique.

Les preuves anatomiques de la présence des nerfs sensoriels et des organes terminaux dans les muscles, rappellent le fait bien connu, à savoir, que les racines antérieures des nerfs spinaux consistent presque exclusivement en fibres motrices ou efférentes, tandis que les racines postérieures consistent presque exclusivement en fibres sensorielles ou afférentes. La voie la plus directe pour faire connaître l'existence des fibres sensorielles dans les muscles serait de suivre la trace des fibres depuis les racines sensorielles jusqu'aux muscles. Mais il n'a pas été facile de suivre la trace de fibres isolées sur de si grandes distances et à travers les méandres de leurs routes. Il vaut mieux adopter des méthodes indirectes.

En comptant les fibres qui existent dans les racines épinières, qui se rapportent à un membre, et en en mesurant les dimensions, et en comptant et en mesurant les fibres aux périphéries, on a trouvé qu'une partie des fibres nerveuses des muscles ne viennent pas des racines motrices, et qu'ainsi une partie des fibres des racines sensorielles ne vont pas à la peau. Les muscles doivent donc recevoir des fibres des racines sensorielles.

Une autre façon de suivre la trace des fibres nerveuses est fournie par des expériences de dégénérescence. Si l'on coupe les racines motrices d'un membre, toutes les fibres motrices dégénèrent;

cependant les muscles de ce membre renferment encore un bon nombre de fibres nerveuses non dégénérées ; quelques-unes sont fortes et pourvues d'une gaine médullaire, et ne dérivent par conséquent pas des ganglions sympathiques. Elles ne peuvent prendre naissance que dans les racines sensorielles. On peut suivre quelques-unes de ces fibres nerveuses aux extrémités nerveuses dans le muscle appelées fuseaux musculaires, qui est donc un organe sensoriel terminal.

Les faits ci-dessus ne sont pas découverts depuis longtemps. Lorsque Charles Bell proposa la théorie du sens musculaire, on n'avait pas comme à présent une évidence histologique de l'existence des nerfs nécessaires, et il se passa longtemps avant que cette évidence fût acquise. Actuellement, surtout depuis les recherches de Sherrington[1], l'évidence est certaine. Pour le prouver, je citerai Sherrington lui-même[2] :

« Dans les muscles où toutes les fibres nerveuses motrices ont été enlevées par dégénération, je n'ai jamais manqué de trouver chaque fuseau dans le muscle qui possédait encore des fibres nerveuses myélinées. On peut suivre ces fibres, qui partent des racines sensorielles, pénètrent dans le fuseau et s'y terminent. »

Puisque enfin, un ou deux tiers des fibres sensorielles d'un muscle peuvent être rattachés au fuseau, il est clair que ces structures constituent l'organe terminal sen-

1. C. S. Sherrington. *Journal of Physiology*, 1894, XVII, 211 ss.

2. *Op. cit.*, p. 239-240.

soriel le plus important. Le fuseau musculaire a été étudié par plusieurs auteurs. En voici une brève description :

On trouve sur diverses parties d'un muscle de petits corps en forme de fuseau, formés d'une ou plusieurs fibres musculaires particulières et dont le striage est moins apparent que celui des fibres ordinaires. Ce fuseau de fibres particulières est ordinairement entouré d'une capsule de tissu connectif. A ce fuseau aboutissent une ou deux grandes fibres nerveuses sensorielles médullaires, qui se divisent en plusieurs branches fines non médullaires. Ces branches fines touchent de

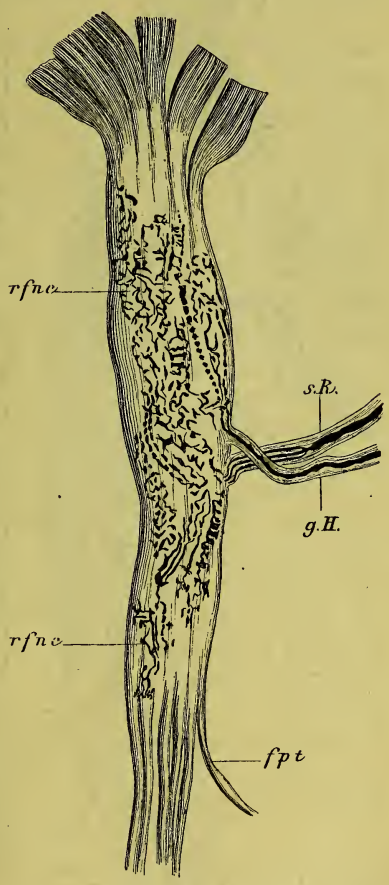

Fig. 1. — Fuseau musculaire d'un chien (Huber).

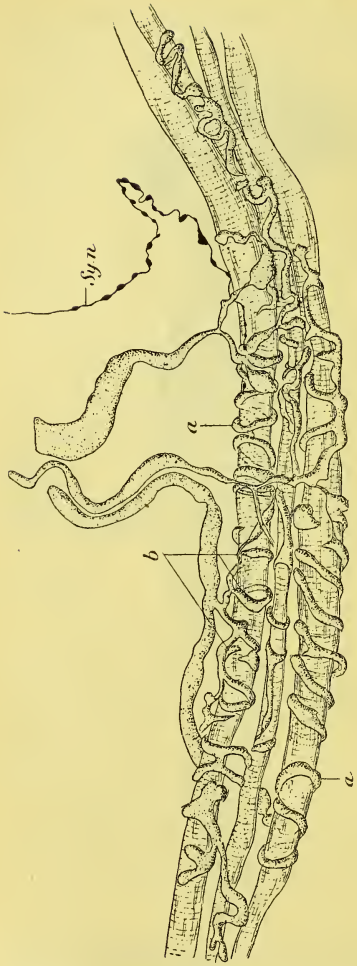

Fig. 2. — Fuseau de tendon de l'homme (Ciaccio).

près aux fibres musculaires particulières qui composent le fuseau et peuvent l'entourer en forme de cercle ou de spirale. Les filaments nerveux sont semés de nombreuses expansions. La figure 1 représente un fuseau musculaire.

On trouve des organes semblables dans les tendons, surtout à leur jonction avec la substance musculaire. Ce sont *les fuseaux du tendon* de Golgi. Une ou plusieurs fibres de tendon particulières sont entourées d'une capsule et soutenues par une ou plusieurs fibres nerveuses médullaires qui se ramifient et enserrent les fibres du tendon. Un fuseau du tendon est représenté par la

figure 2. Ces fuseaux sont considérés comme sensoriels en fonction, à cause de leur similitude aux fuseaux musculaires.

En dehors des fuseaux, on a trouvé plusieurs formes plus simples d'organes terminaux sensoriels, en connexion avec les muscles : des corpuscules paciniens, des corpuscules de Golgi-Mazzoni, et des bulbes terminaux cylindriques et sphériques de Krause. Quelques-unes des fibres sensorielles se terminent simplement comme un faisceau de fibrilles.

Non seulement les muscles et les tendons sont soutenus par des nerfs sensoriels, mais aussi les septa intermusculaires, les os, le périoste et les capsules des jointures, en un mot tout l'intérieur des membres.

La stimulation normale des organes terminaux sensoriels dans les muscles a été conçue par divers auteurs comme étant d'une nature chimique. On a supposé que les produits de la décomposition qui naît de l'activité musculaire, stimulent les terminaisons nerveuses. Mais la structure des fuseaux semble mieux adaptée pour une stimulation mécanique. Et les fuseaux des tendons ne sont guère soumis aux agents chimiques. Sherrington a trouvé que la tension passive d'un muscle était une stimulation suffisante pour les nerfs sensoriels. Les fibres musculaires modifiées dans le fuseau, gardent probablement un certain degré de contractilité ; Dogiel [1] a trouvé que, en dehors des fibres sensorielles, chaque fuseau était pourvu de plus fines fibres motrices.

La démonstration anatomique des fibres nerveuses

1. *Archiv für mikroscop. Anatomie*, 1901, LIX, 1-31.

sensorielles dans les muscles, est confirmée aussi par certaines expériences physiologiques, dans lesquelles on a obtenu un réflexe, en stimulant un muscle ou son nerf. En pétrissant les muscles d'un lapin, on produit une dépression dans la pression sanguine[1]. La stimulation d'un muscle produit une relaxation des muscles antagonistiques. Une expérience très instructive est celle de Sherrington[2], qui sépare d'abord le cerveau du reste du système nerveux, par une section au-dessus du niveau du pons Varolii. Cette opération donne lieu à la « rigidité décérébrée », condition d'une forte contraction tonique des muscles extenseurs. Ensuite, il coupe le nerf qui soutient l'un des muscles flexeurs de derrière la cuisse et stimule le tronçon central du nerf coupé. Le résultat est une contraction réflexe des autres flexeurs et une relaxation des extenseurs.

On peut produire les mêmes effets en stimulant le muscle lui-même d'une façon mécanique, ou par l'électricité. Cette expérience ne prouve pas seulement la présence des nerfs sensoriels dans le muscle, mais elle montre aussi comment ces nerfs agissent, pour produire des mouvements coordonnés. Sherrington a obtenu des réflexes semblables en stimulant les tendons.

Pour prouver l'existence des nerfs sensoriels dans les jointures, Goldscheider[3] a appliqué la chaleur, ou

1. A.-G. Kleen. *Skandinavisches Archiv für Physiol.*, 1889, I, 246-263.
2. *Proceedings Royal Soc.* London, 1893, LII.
3. *Archiv für (Anat. und) Physiologie*, 1890, p. 380.

la pression mécanique aux surfaces articulaires d'un lapin et a veillé sur les effets réflexes de la respiration, qui est modifiée ordinairement par la stimulation d'un nerf sensoriel quelconque. Il a pu obtenir ainsi des réflexes respiratoires. Mais il n'a pas réussi à montrer que les organes terminaux sensoriels se trouvaient dans la surface articulaire elle-même ; car en coupant cette surface et en stimulant la substance osseuse adjacente, il a obtenu encore des réflexes ; de plus, il les a obtenus beaucoup plus régulièrement, lorsque l'os a été coupé jusqu'à la moelle ; il serait donc possible que toutes les terminaisons nerveuses soient situées à l'intérieur de l'os.

Il faut remarquer que l'évidence anatomique et physiologique de l'existence des nerfs sensoriels, est mieux acquise pour les muscles que pour les jointures.

Les faits anatomiques et physiologiques ne suffisent cependant pas à prouver l'existence d'un sens musculaire, puisqu'ils ne peuvent pas prouver qu'un message transmis par ces nerfs afférents, arrive à conscience. Les nerfs sensoriels des muscles peuvent être pareils à ceux du cœur, qui ne sont pas une source de sensations conscientes, mais seulement de réflexes inconscients. Pour admettre l'existence d'un sens musculaire, nous avons besoin d'une évidence d'un caractère psychologique.

2. Preuve psychologique et clinique du sens musculaire

Après ce que nous venons de voir, nous désirons

montrer si des sensations vraies, conscientes, peuvent prendre naissance en stimulant les nerfs sensoriels des muscles. On ne peut répondre à cette question d'une façon satisfaisante qu'en observant des sujets humains.

Duchenne a fait plusieurs observations, dans des cas où un accident ou une opération avait laissé les muscles à nu[1]. Il leur a appliqué l'électricité et a demandé au patient de décrire les sensations qu'il éprouvait. Lorsque la stimulation électrique était faible, la sensation était émoussée ; si la stimulation était assez forte pour provoquer une contraction tétanique, la sensation était très douloureuse.

Goldscheider[2] a obtenu des résultats semblables sans opération chirurgicale, après avoir anesthésié la peau par une injection sous-cutanée de cocaïne. Une pression sur la partie anesthésiée produisait une sensation émoussée, diffuse, se rapportant subjectivement à l'intérieur du membre. La stimulation électrique produisait des sensations de même nature, qui cependant n'avaient lieu que lorsque la stimulation était assez forte pour produire une contraction musculaire considérable.

On peut attribuer les crampes musculaires et les sensations de fatigue aux nerfs profonds, du moment qu'une pression sur le muscle fatigué produit une sensation douloureuse, qu'on n'obtient pas en pinçant la peau. La localisation subjective des sensations,

1. Duchenne. *Électrisation localisée*, 3e édit. Paris, 1872, p. 761.
2. *Zeitschrift für klin. Medicin*, 1889, XV, 109.

qui souvent n'est pas un guide certain pour en faire connaître l'origine, est très exacte dans les cas de crampes. On peut dire la même chose des douleurs causées par le rhumatisme musculaire ou articulaire, la goutte et autres maladies de ce genre. Subjectivement, ces sensations se rapportent à l'intérieur du membre, et l'origine en est montrée par le fait que l'inflammation qui les cause a son siège à l'intérieur. Les douleurs rhumatismales et autres semblables peuvent se produire dans les muscles, les jointures, le facies et les os.

Il nous a été donc possible de démontrer que les nerfs sensoriels des muscles et des autres structures internes peuvent avoir de l'influence sur les centres nerveux conscients aussi bien que sur les centres réflexes. Mais nous n'avons pas prouvé que nos sensations habituelles de mouvement corporels se produisent à l'intérieur des membres.

Le sens du mouvement, dont nous essayons de localiser les organes sensoriels périphériques, nous donne les informations suivantes :

1° Il nous informe sur la direction, l'étendue et la rapidité de nos mouvements volontaires ;

2° Il nous donne les mêmes informations en ce qui concerne nos mouvements passifs, c'est-à-dire les mouvements imprimés à nos membres par des agents extérieurs ;

3° Il nous informe quelle est la résistance que rencontrent nos mouvements, comme le poids, l'interférence avec les mouvements libres, etc. ;

4° Il nous permet de dire dans quelle position est placé chaque membre ; il nous indique donc le carac-

tère et le degré de l'effort que nous devons tenter, pour placer un membre dans une position quelconque;

5° Il nous permet de guider nos mouvements d'une façon précise; en d'autres mots, il fournit les indications nécessaires à la coordination des mouvements. Cette fonction coordinative des nerfs sensoriels n'est pas entièrement exercée par les centres conscients, mais en grande partie par les centres réflexes.

Voilà donc quels sont les services rendus par les nerfs sensoriels, que l'on comprend sous le nom de « sens musculaire ». La question est de savoir si les impulsions sensorielles qui nous donnent ces informations et accomplissent cette coordination prennent naissance dans la peau ou dans les portions profondes du membre en mouvement.

La meilleure réponse à cette question sera obtenue en observant les effets de l'anesthésie cutanée, comparés à l'anesthésie du membre entier. Si toutes les sensations du mouvement se produisent dans la peau, l'anesthésie cutanée annihilerait toutes ces sensations, ainsi que les coordinations qui en dépendent.

Une expérience de Claude Bernard[1], répétée depuis avec le même succès par bon nombre de savants, est très concluante, surtout en ce qui concerne la coordination. Il a produit l'anesthésie totale des pattes de derrière d'une grenouille, en coupant les racines postérieures ou sensorielles des nerfs spinaux, qui se rattachent à ces membres. Le résultat fut un

1. *Leçons sur la physiologie du système nerveux.* Paris, 1858, I, 251.

manque de coordination dans les mouvements des pattes. Ensuite, il a annihilé la sensibilité cutanée des pattes d'une grenouille, en en enlevant la peau. Cette opération n'a pas détruit la coordination des mouvements de la grenouille, qui a continué à nager avec la même habileté. Il était donc certain que des nerfs sensoriels étaient essentiels à la coordination des mouvements, mais que les nerfs qui s'y rapportent, ne prennent pas naissance dans la peau.

On a quelquefois trouvé des cas d'anesthésie totale ou cutanée chez des sujets humains. Le sujet, dont un membre est totalement anesthésié, n'est pas capable de connaître ses propres mouvements, ou les positions qu'il prend. Il ne peut pas déterminer — excepté lorsqu'il s'aide des yeux — quels mouvements passifs on a imprimé à son membre anesthésié, ni les positions qu'on lui donne, ni les résistances qu'il doit vaincre. La coordination, ou du moins l'exactitude des mouvements de ce membre sont détruites. La simple anesthésie cutanée ne produit pas les mêmes effets, mais seulement une certaine incertitude dans la perception de la position.

Les cas récents les mieux étudiés sont rapportés par Gley et Marillier et par Cremer.

Gley et Marillier[1] firent les expériences suivantes sur un malade entièrement dépourvu de toute sensibilité tant superficielle que profonde, dans la moitié supérieure du corps :

« Lorsque L... a les yeux bandés, nous pouvons placer son bras dans toutes les positions que bon nous

1. *Revue philosophique*, 1887, XXIII, 441-443.

semble. Il ne sait pas que nous avons changé ce bras de place. Nous pouvons, sans qu'il s'en aperçoive, le fléchir et l'étendre alternativement. Il a la main posée sur le genou ; nous ôtons sa main, nous élevons son bras au-dessus de sa tête, en même temps que nous posons notre main sur son genou ; il croit que c'est toujours la sienne qui occupe cette place. Nous pouvons faire exécuter à son bras tous les mouvements que nous voulons, sans qu'il en sache rien, et cependant il exécute lui-même — en tâtonnant, il est vrai, et avec de grandes difficultés et un retard notable — les mouvements que nous le prions d'accomplir.

« Remarquons, du reste, que L... est devenu maladroit : il casse les objets qu'il touche — incapable qu'il est de mesurer son effort, — lâche son verre, sa bougie dès qu'il cesse de regarder sa main. Les mouvements qui lui sont habituels, il peut encore les exécuter, sans être obligé de les diriger en regardant ce qu'il fait ; mais il ne peut plus les exécuter aussi sûrement.

« Nous prenons trois flacons de grès — deux sont vides et pèsent chacun 250 grammes, le troisième est plein de mercure et pèse 1 850 grammes (diff. 1 560 gr.). Nous prions L... de les soupeser et de nous dire lequel est le plus lourd. Il déclare qu'il les trouve tous trois pareils..... Il a même déclaré, tenant à la main le flacon plein de mercure, ne lui trouver aucun poids.

« Nous plaçons successivement dans sa main (les yeux étant toujours bandés) un morceau de cire à modeler, une tige de bois très dur, un gros tube de caoutchouc, un journal plié en long et froissé, et nous

le prions de serrer. Il ne sent aucune différence de résistance et ne s'aperçoit même pas qu'il tienne rien dans sa main.

« Nous avons attaché très solidement à L... les avant-bras sur une table avec une bande, de manière à ce qu'il ne puisse les fléchir. Nous lui avions, bien entendu, tout d'abord bandé les yeux. Nous l'avons prié alors de plier les bras et de nous dire quand il aurait accompli le mouvement. Dans toutes les expériences que nous avons faites, il a toujours cru avoir réussi à plier complètement les bras, tandis qu'en réalité ils bougeaient à peine. Nous lui avons demandé alors comment, ne voyant pas et ne sentant pas, il pouvait savoir qu'il avait plié les bras ; il nous a répondu qu'il n'en était pas bien sûr, mais qu'il croyait bien avoir accompli le mouvement, à cause du temps qu'il y avait mis. »

Cremer[1] rapporte un cas d'anesthésie totale de l'extrémité supérieure gauche. Le malade n'a pas la moindre notion de la position de son bras, qui a été mis en mouvement par un agent extérieur. Un tremblement violent et un manque de force accompagnaient l'exécution du mouvement. Lorsque le bras sain du patient était mis en mouvement par l'opérateur et que le patient essayait d'imprimer le même mouvement à son bras anesthésique, celui-ci n'exécutait en réalité qu'un mouvement beaucoup plus court. Lorsqu'on faisait exécuter au patient, les yeux fermés, le même mouvement avec les deux bras, simul-

1. Ueber das Schätzen von Distanzen bei Bewegung von Arm und Hand. *Inaug. Dissert.* Würzburg, 1887, p. 33.

tanément, le bras anesthésique parcourait toujours une plus petite distance ; si pendant l'expérience, on attirait l'attention du patient sur son bras anesthésique, il le mouvait presque aussi bien que l'autre ; si l'on dirigeait son attention sur le bras sain, celui-ci faisait un mouvement de 3 à 5 fois plus grand que le bras anesthésié.

Il résulte donc que le mouvement d'un membre anesthésié peut commencer correctement, mais qu'il est rarement achevé de même ; il lui manque la force l'étendue, et l'exactitude. Dans d'autres cas où la sensation est absente ou dérante, comme dans les cas de *tabes dorsalis*, les mouvements pèchent plutôt par excès de force ou d'étendue, que par manque.

Dans beaucoup de cas d'anesthésie totale, comme dans ceux que rapporte Duchenne[1], il y a impossibilité absolue dans l'exécution des mouvements du membre anesthésié, excepté si l'on est guidé par la vue. Dans d'autres cas, les mouvements étaient possibles, mais non pas exacts ; enfin, dans d'autres cas, ils étaient plutôt exacts[2].

L'anesthésie cutanée n'a pas d'effet pratique dans l'exécution des mouvements, ni dans la perception des mouvements et des poids. On peut la produire sur un sujet normal, sur une portion limitée, en employant la cocaïne ou l'électricité faradique. Le résultat est le même que celui qui est donné par les expériences cliniques ; l'anesthésie cutanée n'empê-

1. *Électrisation localisée*, 3e édit., 1872, p. 782-793.

2. Voir un exposé des cas d'anesthésie chez Bastian, dans *Brain*, 1887, X, 15.

che pas les sensations de mouvement, de position ou de poids. Ces sensations demeurent normales, malgré l'absence de sensibilité cutanée.

Les expériences de GOLDSCHEIDER[1] sont concluantes. Il a déterminé la moindre étendue perceptible des mouvements passifs et le moindre poids perceptible : 1° dans les conditions normales ; 2° pendant l'anesthésie cutanée et 3° pendant l'anesthésie totale d'une jointure produite en y faisant passer des courants faradiques. Il a trouvé que l'étendue et le poids les moindres perceptibles sont presque aussi petits pendant l'anesthésie cutanée que dans les conditions normales, mais trois ou quatre fois aussi grands pendant la faradisation de la jointure.

Le fait que les poids sont plus exactement perçus et distingués lorsqu'ils sont soulevés que lorsqu'ils sont simplement posés sur la peau — fait montré d'abord par WEBER — prouve que dans la perception des poids, intervient autre chose que la seule sensibilité cutanée.

S'il était juste d'accepter la localisation subjective comme vraie, nous n'aurions besoin d'aucune étude spéciale pour dire qu'il y a des sensations qui naissent à l'intérieur des jointures, d'autres dans les muscles et d'autres à proximité des tendons. Mais la localisation subjective des sensations est à bon droit suspecte. Nous rappelons que les sensations visuelles et auditives ne se rapportent pas à la région de leurs organes sensoriels ; nous savons

1. *Archiv für (Anat. und) Physiologie*, 1889, vol. suppl., p. 134.

aussi que des sensations peuvent être subjectivement localisées à l'extrémité d'un roseau tenu à la main. Mais si l'on pouvait montrer que la localisation subjective des sensations du mouvement est exacte en beaucoup de cas, où l'on peut la vérifier objectivement, par conséquent la présomption serait en faveur de la localisation subjective. Alors nous pourrions croire que les sensations du mouvement prennent ordinairement naissance là où elles semblent naître.

On peut prouver que la localisation subjective est exacte en beaucoup de cas. Prenons les exemples suivants :

La crampe et les sensations de fatigue sont subjectivement localisées dans les muscles fatigués et les régions des jointures et des tendons ; elles sont objectivement localisées aux mêmes endroits par le fait que la pression démontre que ces endroits-là sont actuellement sensibles.

Si l'on remue les doigts, les sensations de mouvement paraissent venir plutôt de l'intérieur des jointures. Une anesthésie faradique confirme cette localisation subjective, les sensations étant presque abolies par l'anesthésie interne des jointures mais peu dérangées par l'anesthésie cutanée.

Les sensations qui se produisent lorsqu'on remue la mâchoire semblent être de deux sortes, une sorte provenant de l'articulation de la mâchoire et l'autre de la joue. Ici la localisation subjective est confirmée ; en insérant le doigt dans la bouche et en pressant la joue de façon à ce qu'elle ne soit plus mise en mouvement par la mâchoire, on a trouvé que ce

qui semblait être une sensation cutanée cessait, ce qui semblait être une sensation interne continuait.

Lorsqu'une jointure est fixée d'une façon rigide dans une position déterminée par la contraction simultanée des flexeurs et des extenseurs on sent la tension à l'intérieur de la jointure. Cette localisation subjective est confirmée si on observe la peau ; puisqu'elle n'est pas soumise à une pression, ses organes sensoriels peuvent à peine être stimulés.

On peut en déduire que la localisation subjective des sensations du mouvement est une indication fidèle du point actuel de la stimulation.

On ne peut cependant nier que les sensations internes ne soient moins exactement localisées que les sensations cutanées. Les raisons de cette différence sont faciles à trouver. D'un côté il est plus facile de localiser les sensations cutanées, les yeux pouvant venir au secours du sens tactile, et d'un autre côté le localisation des stimulations cutanées est plus importante pour le bien-être de l'organisme. Un stimulant cutané est souvent un objet irritant qui doit être éloigné par un mouvement vers le point de stimulation de quelque membre. De pareils mouvements défensifs sont au fond purement réflexes comme dans le cas de la grenouille capitée. Cette localisation réflexo-motrice est la base de la localisation consciente. Mais l'irritation d'un muscle, d'un tendon ou d'une jointure ne doit pas être arrêtée par un mouvement au point d'irritation, mais plutôt par la cessation du mouvement qui intéresse le muscle, la jointure ou le tendon ; et cette inhibition réflexe du

mouvement est analogue au mouvement localisé près de l'irritant cutané. Des chances d'une localisation des sensations internes sont cependant offertes à cause de leur fréquente association avec les sensations de la peau et les exemples cités montrent que les sensations du mouvement sont souvent exactement localisées, de sorte qu'à défaut de l'évidence contraire nous pouvons en accepter la localisation subjective comme probable.

Le principal problème de localisation qui reste à résoudre est le suivant :

Les sensations du mouvement prennent-elles naissance dans les muscles ou dans les jointures ?

Les réponses histologiques et psychologiques se contredisent quelque peu. L'histologie nous montre dans les muscles une riche source de nerfs sensoriels et d'organes terminaux ; la quantité de nerfs sensoriels des jointures est comparativement petite. Il n'est pas prouvé que des terminaisons sensorielles existent dans les surfaces articulaires. A ne juger que par les considérations histologiques, nous pourrions conclure que les organes terminaux du sens musculaire seraient situés plutôt dans les muscles.

Les observations psychologiques et cliniques donnent un résultat contraire. Dans la discussion précédente, nous avons remarqué que le terme « sens musculaire » était employé d'une façon assez vague et que l'on ne devait point exclure les tendons, les jointures et les os dans la participation de la production des sensations du mouvement.

Lorsque Charles Bell fut convaincu de ces sen-

sations non cutanées du mouvement, il les appela sensations musculaires parce qu'il lui sembla que les sensations du mouvement musculaire devaient provenir des muscles. Mais Duchenne[1] émit l'opinion qu'elles naissaient dans les jointures ; son opinion était basée sur certains cas dans lesquels la sensibilité des muscles manquait aussi bien par la pression que par la stimulation électrique et où les mouvements actifs et passifs étaient clairement sentis et intéressaient subjectivement les jointures.

En faveur de la sensibilité des jointures, nous pouvons citer aussi l'observation de Levinski[2] sur un tabétique chez lequel manquait la perception du mouvement. Ce malade sentait la rotation passive de ses jointures, lorsque les surfaces en étaient pressées ensemble, mais non pas lorsqu'elles étaient retirées l'une de l'autre. Il semble résulter que le frottement de la surface des jointures était le stimulant qui produisait les sensations du mouvement passif.

Goldscheider[3] considère d'une façon très sérieuse les jointures comme la source des sensations des mouvements actifs et passifs. Si l'on analyse les sensations obtenues en stimulant un muscle, on voit qu'elles sont diffuses et émoussées sans aucune ressemblance avec les sensations du mouvement. Si l'on stimule le flexeur d'un doigt, on ne donne pas naissance à la sensation du mouvement du doigt à moins que le doigt ne soit à ce moment en état de se mouvoir.

1. *De l'électrisation localisée*, 3e édit., 1872, p. 767.
2. Virchow's *Archiv*, 1879, LXXVII, 145.
3. *Zeitschrift für klin. Medicin*, 1889, XV, 109 sq.

L'anesthésie d'une jointure abolit la perception de la rotation de la jointure.

On a ainsi la certitude que les sensations de la rotation des jointures prennent naissance dans ou autour des jointures. Il serait facile de croire qu'elles naissent par la friction des surfaces articulaires si l'on pouvait démontrer que ces surfaces possèdent des nerfs sensoriels et des organes terminaux.

Pillsbury[1] a récemment émis l'opinion que les sensations peuvent prendre naissance dans les tendons qui traversent les jointures et dans les enveloppes de ces tendons. Il étaye cette hypothèse sur une curieuse observation d'anesthésie de la jointure. La perception du mouvement au coude était tout autant émoussée par une anesthésie faradique du poignet que par l'anesthésie du coude lui-même. De la même façon, la perception du mouvement au genou était émoussée aussi bien par l'anesthésie de la cheville que par celle du genou. La faradisation des orteils n'ayant aucun effet sur la perception des mouvements du genou, il résulte que si les sensations du mouvement sont émoussées, ce fait n'est pas dû à l'influence de la sensation électrique. Pillsbury en donne l'explication suivante : certains muscles de la jambe partent du fémur et s'insèrent sur le pied ; leurs tendons passent sur le genou et la cheville ; lorsqu'on fait tourner le genou, la cheville et les tendons de ces muscles subiront une tension et si, ainsi qu'il le suppose, les sensations du mouvement prennent naissance dans les tendons, une partie des sen-

1. *American Journal of Psychology*, 1901, XII, 346-353.

sations du mouvement du genou serait due à cette tension dans la cheville. La faradisation de la cheville efface ainsi une partie des sensations appropriées au mouvement du genou.

Il est évidemment impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, de déterminer exactement quelle est la source des sensations du mouvement actif et passif. Elles ne proviennent apparemment pas des muscles, mais certainement en grande partie de la région des jointures ; c'est tout ce que nous en pouvons dire.

Nous essayerons de distinguer les origines des différentes sortes de sensations, comprises sous le terme vague et impropre de « sens musculaire ». Les sensations de *rotation active et passive* des jointures proviennent de la région des jointures ; mais les sensations de *crampes* viennent certainement des muscles, comme on peut s'en convaincre en exerçant une pression sur les muscles, tordus par la crampe. Les sensations de *fatigue* proviennent en partie des muscles fatigués et en partie de la région des jointures et des tendons, auxquels on a fait déployer un effort. Après des expériences ergographiques prolongées, dans lesquelles le mouvement est effectué par l'index, j'ai trouvé que la sensibilité résidait en partie dans les muscles flexeurs, et en partie dans les jointures interphalangiennes et en partie dans le doigt entre les jointures, apparemment dans les tendons qui traversent le doigt.

On s'attendrait à ce que les sensations de *pesanteur* et de *tension musculaire* prennent naissance dans les muscles ; mais par une observation plus minutieuse,

on voit qu'une très petite partie intéresse subjectivement les muscles eux-mêmes. Si l'on soulève un poids léger et qu'on le place en équilibre dans la main, nulle sensation ne semble provenir des muscles, mais de la main elle-même et du poignet. Pour les poids lourds, les sensations se rapportent plutôt aux jointures qu'aux muscles. Si un poids de 10 kilogrammes est suspendu au bout du bras vertical, la plus forte sensation est ressentie à l'épaule, ensuite au coude et au poignet. Si un poids est légèrement soulevé de côté, avec le bras horizontal, la sensation de l'effort est ressentie plutôt au coude et une légère partie est ressentie comme provenant du deltoïde et des autres muscles qui ont aidé à soulever le poids. A cause de l'exactitude générale que nous retrouvons dans ces localisations subjectives, nous les considérons comme très importantes. En outre, ces sensations qui semblent provenir du coude ne sont plus ressenties lorsque le coude est faradisé.

Avant d'assigner leur place au point de vue de l'origine, nous décrirons les sensations de la *résistance*. Goldscheider les a distinguées des sensations de la pesanteur[1] ; elles sont de qualité et de source différentes et doivent être considérées comme un type distinct de sensation. Goldscheider a poussé cette distinction trop loin, car il veut une forte ligne de démarcation entre les sensations causées par une tension constante du poids sur le bras qui le supporte et les sensations causées par la résistance constante d'un objet fixe, contre lequel le bras est poussé. La

1. *Archiv für (Anat. u.) Physiol.*, 1889. Sup, Bd., 164.

sensation de tension est certes différente de la sensation de poussée, mais toutes deux sont apparentées et il y a encore d'autres sensations qui leur sont similaires, mais non pas identiques. Que l'on observe par exemple les sensations qui résultent des efforts faits sur la jointure des épaules dans différentes directions. Lorsque les surfaces articulaires sont tendues séparément, naît un certain genre de sensation ; lorsqu'elles sont poussées ensemble, un autre genre apparaît et si l'on soulève un poids lourd de côté, l'effort latéral donne naissance à un troisième genre de sensation. Ces trois genres de sensations peuvent être perçus aussi au coude et aux jointures des doigts, et en plus un quatrième, causé par la tension en arrière de ces jointures. Puisque les conditions de l'effort nécessité aux jointures sous ces quatre manipulations sont différentes, il est possible que dans chaque cas il y ait des organes sensoriels différents qui soient stimulés. Mais on serait à peine justifié de parler de quatre genres simples et distincts de sensation, car la similitude entre eux est trop grande.

Il y a cependant une autre sensation de résistance, qui est suffisamment différente des autres, pour pouvoir être classée à part ; c'est Golscheider qui l'a d'abord indiquée. On pourrait l'appeler sensation de heurt ou de choc ; elle résulte de la résistance *soudaine*. Goldscheider l'a remarquée pour la première fois en touchant des objets solides avec une baguette tenue à la main. A chaque impulsion, un choc était perçu, et cette sensation se rapportait subjectivement à l'extrémité de la baguette. Ici, notre

localisation subjective semble nous faire faute ; cependant, elle ne nous manque pas entièrement, car la référence *naïve* de la sensation à l'extrémité de la baguette n'exclut pas la localisation subjective plus attentive du choc dans la main. Et si le choc est très violent, il est facilement ressenti comme intéressant la main.

Un autre cas dans lequel on sent cette sensation est très curieux[1]. Si un poids est suspendu par une ficelle à une extrémité d'une baguette mince, pendant qu'on tient l'autre extrémité à la main, et que le poids soit abaissé jusqu'à ce qu'il touche un support quelconque, au moment du choc on perçoit une sensation de résistance, comme si la ficelle était raide et arrêtait la descente de la main. La sensation peut de même être rapportée à l'extrémité de la ficelle. Il n'est pas difficile de démêler la cause de cette sensation paradoxale. La descente de la main est empêchée ; elle s'arrête d'une façon saccadée et peut rebondir un peu. L'arrêt est causé par les muscles qui ont partiellement supporté le poids pendant qu'on le baissait graduellement ; lorsque le poids est tout d'un coup supporté par un objet extérieur, la force de ces muscles réagit soudainement sur la main.

Une sensation pareille de choc a été remarquée par Du Bois-Reymond[2] en dégageant soudainement un élastique qu'il avait tendu entre ses mains. Le choc est fortement perçu au coude.

Quant à l'endroit d'origine de ces sensations, on peut dire que c'est une sensation cutanée de choc

1. Goldscheider. *Op. cit.*, p. 172.

2. Dans une communication particulière à Goldscheider. Voir *Archiv für (Anat. und) Physiologie*, 1893, p. 549.

et une sensation non cutanée de choc. C'est là une localisation subjective, confirmée par l'expérience. Goldscheider et Blecher ont fait l'expérience la plus importante[1]. Ils ont suspendu un poids au bras, à la main et aux doigts et, en le variant, ils ont déterminé quel était le moindre poids dont on pouvait percevoir le choc. Lorsque la ficelle attachée au bras, à la main et aux doigts était déliée, de façon à permettre une sensation cutanée du choc, le « seuil » était toujours le même, à quelque endroit que la ficelle fût attachée, à quelque jointure que le mouvement se soit produit. Mais lorsque la ficelle était attachée au bras, à la main ou aux doigts, très serrée, de façon à ce que les légers changements de la pression cutanée qui résultent du choc ne pussent être perçus, le début variait avec la jointure et avec la distance du point de suspension à la jointure.

Que la sensation de choc n'est pas entièrement cutanée, Goldscheider l'avait déjà démontré[2] au moyen de l'anesthésie : il faisait tenir une baguette entre les doigts et anesthésiait la peau qui était en contact avec la baguette ; le choc de la baguette contre des objets solides était cependant perçu.

La sensation cutanée de choc n'a rien qui la rende particulièrement intéressante, mais la sensation de choc aux jointures a ses qualités propres. C'est une sensation forte et rapide, comme si elle était produite — comme elle l'est, sans doute — par le choc de deux corps solides, les surfaces articulaires. La différence

1. *Archiv für (Anat. und) Physiologie*, 1893, p. 536-549.
2. *Archiv für (Anat. und) Physiologie*, 1889, vol. suppl., 165 sq.

entre les deux sortes de sensations de choc est rendue évidente, si l'on prend une baguette à la bouche, d'abord seulement entre les lèvres, en écartant les dents, et ensuite rien qu'entre les dents, en écartant les lèvres ; dans le premier cas la sensation de choc est plus légère et intéresse les lèvres, dans le second cas elle est forte et intéresse l'angle de la mâchoire.

La sensation de choc aux jointures sera mieux démontrée si l'on sépare un peu les surfaces articulaires et qu'on les rapproche ensuite ; cela réussit avec les jointures métacarpo-phalangiennes. Lorsque les surfaces articulaires se rencontrent, une sensation légère, mais cependant nette, est perçue dans la jointure, ce qui n'arrive pas dans la faradisation de la jointure. Le genre de cette sensation est le même qu'une partie de celle qui est perçue au contact de la baguette avec un corps solide. De la sorte nous avons suivi la trace de cette sensation à son lieu d'origine. Le poignet est peut-être plus sensible que les jointures de la main et procure un plus grand terrain aux sensations de choc. Si la première phalange des doigts est étendue et que les autres soient fléchies, et si alors on frappe sur le bout des premières phalanges avec une plume ou avec le manche d'un couteau, cette sensation particulière de choc est ressentie à la base des doigts, mais plus encore dans le poignet. Si le coude est étendu, le choc peut être perçu aussi dans le coude et dans l'épaule.

Telles sont les sensations de choc. Elles prennent naissance dans la région des jointures ; et eu égard à leur caractère solide, elles se rattachent probablement davantage aux os qu'aux capsules ou aux ten-

dons. Elles sont causées par le heurt des surfaces articulaires l'une contre l'autre ; leurs organes terminaux se trouvent-ils à la surface ou profondément dans les os, c'est ce que nous ne saurions dire.

La discussion précédente a mis en lumière plusieurs qualités distinctes de la sensation, dénommées toutes sous le terme vague de « sens musculaire ». Ce sont les sensations de crampe, qui naissent dans les muscles ; les sensations de fatigue, qui naissent dans les muscles, dans les tendons et dans ou autour des jointures ; les sensations d'effort et de tension, qui naissent probablement en partie dans les muscles, mais plutôt dans la région des jointures ; les sensations de rotation des jointures, qui naissent dans la région des jointures, et les sensations de choc, qui naissent dans les jointures ou dans les os.

Les sensations cutanées peuvent se combiner avec quelques-unes d'entre elles, mais peuvent en être distinguées par une observation attentive ; et avec quelques-unes d'entre elles peuvent s'unir des sensations visuelles ou auditives.

La question qui se pose maintenant, est de savoir si toutes les sensations de mouvement et d'effort s'expliquent par ces sources périphériques, ou si, au contraire, quelques-unes prennent naissance de l'initiation centrale de la contraction musculaire.

3. Preuves pour et contre les sensations d'innervation

Si la conscience est un effet des processus du cer-

veau, ou si c'en est la cause, ou si elle les accompagne en quelque sorte, il n'y a nulle raison théorique où elle ne semble pas accompagner la dépense du processus moteur aussi bien que la réception du processus sensoriel. Il était admis auparavant comme un dogme en physiologie, que la conscience doit accompagner ces deux processus, et ce dogme a été érigé par les psychologues comme base de la volonté et de la connaissance des mouvements actifs et de l'effort. Cette supposition de psychologues était suffisamment plausible ; cependant nous devons ajouter qu'ignorant la connexion qui existe entre la conscience et les processus du cerveau, on a trop peu de base pour conjecturer quelle sorte de conscience pourrait accompagner l'activité des centres moteurs. Ce qu'on appelle centres, devrait plutôt être considéré comme des haltes le long du chemin que parcourt l'arc réflexe, que comme des points d'origine de la décharge motrice. Les centres moteurs doivent eux-mêmes être incités à l'activité par des impulsions nerveuses qui partent des périphéries ou de tout autre point du cerveau. Et la conscience corrélative à leur activité pourrait plutôt posséder des qualités sensorielles ou idéationales que des qualités volitionales ou motrices. Je me hâte d'ajouter que les meilleures preuves physiologiques et cliniques[1] sont contraires à l'idée d'envisager l'aire motrice ainsi nommée,

1. Voir E.-A. Schäfer. *Textbook of Physiology*, 1900, II, 727 ; Charcot et Pitres. *Les centres moteurs corticaux chez l'homme*. Paris, 1895 ; E. Redlich. *Wiener klinische Wochenschrift*, 1893, VI, 432, 493.

comme le vrai centre des sensations et des idées de mouvement. Il semble que si l'on détruit cette aire, il peut ne pas y avoir de perte de la sensation, ou de perte dans la force d'imaginer les mouvements corporels. Les centres moteurs sont peut-être entièrement dépourvus de conscience. Quoi qu'il en soit, on ne peut trancher cette question *a priori,* mais on doit la combattre par des faits.

Les deux idées opposées sont : 1° la théorie des « sensations d'innervation », selon laquelle les décharges motrices provenant du cerveau sont accompagnées par la perception d'un effort, et par des perceptions qui nous informent quel mouvement doit être accompli ; 2° la théorie qui soutient que toutes nos sensations de mouvement de tension et d'effort prennent naissance dans les organes périphériques et affectent le cerveau par l'intermédiaire des nerfs sensoriels. Si nous admettons la première théorie, nous sommes conscients de l'innervation de nos muscles ; si nous acceptons la seconde nous ne sommes conscients que des effets de l'activité musculaire. Dans un cas nos sensations de mouvement ont une origine centrale, dans le second une origine périphérique.

La théorie des sensations d'innervation tend à disparaître ; le coup mortel lui a été porté par les attaques de James, Ferrier et d'autres. Un des partisans les plus chauds de cette théorie a cessé de la soutenir. En voici cependant l'exposé :

Nous devons d'abord citer les principaux faits qui ont été mis en avant à l'appui des sensations d'innervation et montrer quelle est la meilleure façon de les interpréter en ce qui concerne les sensations périphé-

riques. Nous montrerons ensuite quelques faits qui ne semblent pas concorder avec la théorie des sensations d'innervation.

1° Une personne dont un des membres est anesthésié semble souvent sentir les mouvements volontaires de ce membre. Cette perception ne peut pas prendre naissance dans la périphérie anesthésiée et est par conséquent attribuée à une décharge motrice. Le cas rapporté par Gley et Marillier déjà cité[1] nous conduit à une explication plus juste. Les raisons données par le patient qui supposait que le bras anesthésié avait exécuté des mouvements volontaires étaient qu'il croyait avoir eu suffisamment de temps pour que le mouvement se fût effectué. Ce qui revient à dire que, à défaut d'évidence sensorielle du contraire il concluait que le mouvement voulu avait été accompli. Il pouvait donc avoir par association une représentation du mouvement désiré soit par des images visuelles, soit par des images kinesthétiques. Cette situation était pareille à celle d'une personne qui tirerait une sonnette qu'elle n'entendrait point, mais qui cependant imaginerait le son parce qu'il est la conséquence naturelle de son action. Quelques personnes à imagination puissante pourraient presque avoir une hallucination d'entendre la cloche ; de même quelques sujets anesthésiés ont presque une hallucination des mouvements volontaires.

A ce point de vue il n'est point étrange que certains patients aux images kinesthétiques faibles n'aient qu'une légère tendance à sentir les mouvements de

1. Voir plus haut, p. 15.

leur bras anesthésié. Mais dans la théorie des sensations d'innervation chacun pourrait avoir une perception claire du mouvement innervé dans l'anesthésie ou la non-anesthésie.

En réalité, un appel au cas d'anesthésie ne réussit décidément pas à la théorie des sensations d'innervation, car certains faits considérés sont presque incompatibles avec cette théorie. Lorsqu'un sujet essaie de faire des mouvements égaux simultanés avec un bras anesthésié et l'autre sain, le premier exécute un mouvement plus court. Les innervations sont inégales, et si les mouvements étaient perçus par les innervations, ils seraient perçus comme inégaux ; cependant on les croit égaux. Le bras anesthésié ne peut pas faire de distinction entre un poids léger et un lourd ; cependant les innervations pour soulever les deux poids sont très inégales. Le patient peut croire qu'il fait un mouvement lorsqu'il ne l'exécute pas ou qu'il a relâché d'une forte contraction musculaire lorsqu'il la soutient encore. Certes [1] il n'a pas le sens net de la force de son innervation, il ne perçoit pas l'effort de son membre anesthésié et peut sans fatigue prolonger l'activité de ses muscles [2]. Evidemment, l'innervation de ses muscles n'est pas accompagnée de sensations de mouvement, d'effort ou de fatigue. Nous pourrions abandonner la théorie des sensations d'innervation, mais nous voulons rapporter aussi les autres arguments.

1. Duchenne et Briquet, cités dans le *Brain*, 1888, X, 96-103.

2. A. Pitres. *Leçons cliniques sur l'hystérie et l'hypnotisme*. Paris, 1891, I, 113.

2° Une personne à laquelle on a amputé un membre, garde souvent la conscience du membre qui lui manque. Weir Mitchell[1] a bien étudié ces hallucinations et a constaté que dans certains cas, elles persistaient pendant quelques années; certains sujets pouvaient mouvoir par la volonté les doigts inexistants et en sentir les mouvements et les positions relatives. Chez d'autres qui avaient perdu toute perception en perdant leur membre, la perception pouvait être ravivée en stimulant le nerf qui supportait auparavant le membre.

L'explication la plus facile de ces faits est que l'irritation des fibres nerveuses dans la cicatrice donne naissance à des sensations qui intéressent subjectivement les points normaux de distribution de ces fibres, tout comme les sensations qui résultent d'un coup au nerf du coude sont ressenties dans les doigts. Mais Weir Mitchell conteste que les hallucinations du mouvement aient cette origine périphérique ; il croit qu'elles sont rattachées à l'innervation des fibres motrices qui faisaient mouvoir le membre perdu.

Pitres[2] à pourtant montré d'une façon presque concluante que toutes les sensations des parties qui manquent, prennent naissance dans l'irritation des fibres sensorielles dans la cicatrice. Il a trouvé que les hallucinations se modifient avec toute modification

1. S. Weir Mitchell. *Injuries of Nerves and their Consequences.* Philadelphia, 1872, p. 344-360.

2. *Annales médico-psychologiques*, 1897, V, 1-19, 177-192.

qui se produit dans les conditions de la cicatrice; qu'elles augmentent par une stimulation faradique de la cicatrice, et ce qui est plus important, c'est qu'elles disparaissent lorsque la cicatrice est anesthésiée par une injection sous-cutanée de cocaïne. Elles ont donc une origine périphérique.

3° Une personne ayant un membre paralysé est capable de faire un effort pour mouvoir ce membre, et ressent cet effort. Du moment que de ce membre ne peuvent naître ni sensations de mouvement, ni tension musculaire, il semble résulter que la perception de l'effort doit être ici d'origine centrale. Ferrier[1] cependant a attiré l'attention sur ce fait que l'irradiation de la décharge motrice produit une contraction des muscles non paralysés des autres membres, et que les sensations périphériques d'effort peuvent prendre naissance dans ceux-ci. Müller et Schumann[2] ont montré que, lorsqu'une partie d'un membre est paralysée, les muscles non paralysés doivent fournir plus de travail qu'en temps normal et produisent ainsi les sensations d'un effort plus que habituel.

Tout effort musculaire est accompagné de modifications dans la respiration; par exemple si l'on soulève un poids lourd, cet effort est accompagné de forts mouvements expiratoires, la glotte se fermant. Parmi les sensations d'effort, il y en a beaucoup qui naissent dans l'appareil respiratoire. Ferrier imagine

1. *Functions of the Brain*, 1886, p. 383-393.

2. Pflüger's *Archiv für die gesammte Physiologie*, 1889, XLV, 80-84.

l'expérience suivante pour prouver l'origine des sensations d'effort. Si quelqu'un se représente par la pensée comme faisant un certain mouvement, pendant que volontairement il empêche le mouvement réel, cette personne-là sentira la sensation d'un effort. Mais cette sensation est d'origine périphérique, car l'observation démontre que pendant qu'on imagine le mouvement, le sujet retient son souffle, ou qu'il expire contre la glotte fermée. Si l'on prend soin de respirer facilement, la sensation d'effort n'apparaît point. Et si l'on n'exécute que les mouvements respiratoires, la sensation d'effort apparaît, quoique nul mouvement ne soit imaginé.

Une illusion particulière visuelle, produite par la paralysie du muscle rectus externe de l'œil, a été apportée par Helmholtz[1], pour indiquer l'existence des sensations d'innervation. Lorsque le rectus externe est paralysé, l'œil ne peut plus se mouvoir de côté hors de la position moyenne. Si cet œil — l'autre étant fermé — essaie de se mouvoir de façon à fixer un objet situé loin de côté, l'œil demeure dans la position moyenne, mais l'objet semble se mouvoir plus loin, de côté. Helmholtz dit que les sensations seraient ici identiques à celles qui seraient normalement produites par un objet qui se meut de côté, et que l'œil suivrait. L'objet demeure projeté au même point de la rétine, pendant qu'un mouvement de l'œil est ressenti. Mais il croit que, l'œil ne pouvant pas se mouvoir en réalité, la sensation de ses mouvements doit être la sensation de ses innervations. Cette con-

1. *Physiologische Optik*, 1e édit., p. 600 ; 2e édit., p. 744.

clusion tombe devant le fait rapporté par JAMES[1] que l'autre œil, quoique fermé, accomplit des mouvements conjugués. Les sensations des deux yeux ne sont ordinairement pas distinctes. L'illusion résulte, ou plutôt peut résulter des sensations périphériques qui prennent naissance dans l'œil non paralysé.

Les trois faits mentionnés ci-dessus ont cela de commun qu'ils semblent prouver l'existence des sensations de mouvement et d'effort là où les sensations périphériques sont impossibles. L'examen a prouvé que dans quelques-uns de ces cas, les sensations périphériques existent, et que là où elles n'existent point, il n'y a ni sensation de mouvement ni d'effort.

4° WALLER a pris dans la discussion des sensations d'effort une attitude plus expérimentale, plus objective[2]. Ses expériences semblent prouver que la fatigue ou la faiblesse qui résulte d'un exercice musculaire violent et prolongé, sont d'origine centrale, ou en d'autres mots, que ce sont plutôt les centres moteurs qui sont épuisés que les muscles. Dans un chapitre postérieur sur la fatigue, nous aurons l'occasion de discuter sur ces expériences, mais pour le moment nous nous contenterons de suivre WALLER dans la série des conclusions qui l'ont amené à dire que les sensations d'effort sont d'origine centrale. Il suppose d'abord que la sensation de fatigue doit avoir

1. *The Feeling of Effort*. Boston, 1880, et aussi *Principles of Psychology*, II, 506-511.

2. A. D. WALLER. The Sense of Effort : An Objective Study. *Brain*, 1891, XIV, 179-249.

son origine au point qui est le plus épuisé, c'est-à-dire dans les centres moteurs. Il suppose ensuite que la sensation d'effort doit avoir son origine au même point, puisque, dit-il, la sensation de fatigue n'est rien autre qu'une sensation exagérée d'effort.

Dans un enchaînement aussi indirect de raisonnement, il y a place pour une erreur; sa dernière conclusion surtout est inadmissible: la sensation de fatigue persiste après que l'effort a cessé. Si nous voulons en déterminer la source, nous pouvons le faire directement en serrant différentes parties de l'appareil moteur périphérique ; nous verrons quelles sont les parties douloureuses, douleur qui résulte de la fatigue. Nous en trouverons dans les muscles, les tendons et les jointures, et ainsi nous verrons que la souffrance de la fatigue est d'origine périphérique.

Pendant la fatigue, nous trouverons, il est vrai, qu'à côté de la douleur locale des parties qui ont été en mouvement, il y a encore des sensations diffuses de malaise et de gêne. Peut-être celles-ci ont-elles une origine centrale; mais ces sensations non localisées de fatigue sont plutôt apparentées aux émotions.

Le fait le plus important pour les sensations d'effort et de fatigue est celui de Pitres, cité plus haut. Pendant l'anesthésie périphérique, on peut fournir une activité musculaire plus pénible et plus prolongée, sans ressentir d'effort ni de fatigue. Les muscles sont innervés, mais l'innervation n'est accompagnée d'aucune sensation. Les sensations de mouvement, d'effort, de fatigue dépendent de la sensibilité périphérique.

5° Du fait que nous pouvons percevoir une inter-

férence externe à la marche du mouvement, on a déduit l'existence des sensations d'innervation. La perception d'une interférence n'exige-t-elle pas des sensations de contraste entre le mouvement considéré comme innervé et le mouvement en soi ? La réponse est que nous percevons parfaitement une interférence avec ces mouvements, dont nous sommes entièrement inconscients. Nous sommes insconscients du mouvement, mais conscients de l'interférence. Toute opposition à un mouvement, exerçant une action contraire à l'inertie du membre en mouvement ou à la contraction de ses muscles, donne naissance à des sensations de résistance et de tension. Ces sensations d'origine périphérique constituent des sensations d'interférence.

6° Le « aura » qui précède parfois les attaques d'épilepsie a été considéré comme se rapportant à des sensations de mouvement d'origine centrale. Avant que la convulsion commence, le patient semble sentir que ses bras sont en mouvement, quoiqu'en réalité ils pendent à ses côtés. L'irritation de l'écorce cérébrale a produit ici des sensations de mouvement.

Il est évident que l'irritation cérébrale peut donner naissance à des hallucinations de mouvement, aussi bien qu'à des hallucinations de la vue, de l'odorat ou de l'ouïe. Mais les hallucinations de l'odorat ne prouvent pas que les sensations olfactives sont associées à des courants nerveux efférents. L'irritation centrale peut agir dans chaque cas, sur les centres correspondants *sensoriels*.

Cependant, dans les cas d'épilepsie, nous avons raison de croire que l'irritation agit d'abord sur les

centres moteurs; mais elle peut exciter indirectement les centres sensoriels, au moyen des fibres d'association[1]. Dans tous les cas, ces hallucinations de l'aura épileptique ne doivent pas être dénommées sensations d'innervation, parce qu'elles ne sont pas provoquées par des innervations.

On a apporté encore d'autres faits, pour soutenir la théorie des sensations d'innervation ; nous en rapporterons un ou deux au chapitre de la perception du mouvement[2].

D'autres faits, que nous allons considérer, démontrent définitivement la non-existence des sensations d'innervation.

Le fait le plus important a déjà été mentionné. Si l'anesthésie d'un bras n'annihile pas le pouvoir d'accomplir des mouvements, elle annihile la sensation de ces mouvements et le sentiment de l'effort nécessaire à l'accomplissement de ces mouvements. Nulle sensation ne résulte de la simple innervation des nerfs moteurs : la sensation est absolument dépendante de la sensibilité du membre qui se meut.

Il est vrai de dire que la personne dont un membre est anesthésié a souvent une vague impression d'avoir fait un mouvement volontaire, mais cette impression se compose de la pensée naturelle que sa volonté a été exécutée, et des images motrices associées. Si cependant l'on examine l'exactitude de perception des mouvements du patient, on trouve qu'elle manque entièrement. Il ne peut distinguer un mouvement long

1. Cf. E.-A. Schäfer. *Textbook of Physiology*, II, 730.
2. Voir p. 102, 105.

d'un court, ou un poids lourd d'un léger, ni une innervation puissante d'une faible. Il accomplit des contractions musculaires qu'il ne sent pas, et croit à un relâchement de la contraction qu'il est encore en train d'exécuter. Il croit avoir innervé lorsqu'il ne l'a pas, et inversement. Evidemment, à défaut de sensations périphériques, il n'a point de sources d'informations en ce qui concerne l'activité de ses centres moteurs.

Nous trouvons chez des sujets normaux des indications de la même ignorance de leur propre innervation. On fait l'innervation continuelle des muscles les plus variés de son corps, sans s'en rendre compte et sans être en état de la découvrir introspectivement.

On ne peut se convaincre de l'existence de cette innervation qu'en observant quelque effet périphérique.

Par exemple, les muscles faciaux de l'expression sont continuellement innervés d'une façon ou d'une autre. Nous pouvons être inconscients du fait que nous sourions ou que nous fronçons les sourcils, et ne sommes donc pas en état de découvrir ce fait par introspection.

D'autres faits similaires ont été mis au jour par des expériences.

Goldscheider[1] a suspendu son bras à une poulie, et le tenant absolument passif, comme il le supposait, il l'a contrebalancé avec des poids. Après un certain temps, le bras commença à descendre ; il semblait devenir plus lourd ; en réalité, les muscles qui aidaient à soulever le bras et à le maintenir, avaient

1. *Archiv für (Anat. und) Physiologie,* 1889, Suppl. Band, 215.

été quelque peu actifs au début et ensuite s'étaient relâchés. Le sujet était inconscient aussi bien de l'innervation de ses muscles que de la diminution de cette innervation.

Une autre observation de ce genre a été faite par Goldscheider[1], dans l'expérience suivante : suspendre un poids par un fil à l'extrémité d'un roseau mince ; garder entre ses doigts l'autre extrémité du roseau, abaisser lentement le poids, jusqu'à ce qu'il soit arrêté par le plancher. Si le mouvement descendant du bras est continué, il semble rencontrer une résistance externe. Une résistance existe en effet, mais elle est produite par la contraction continue des muscles qui s'opposent à la descente du bras. Ces muscles ont été contractés pendant la descente du bras, afin de supporter le poids. Lorsque le poids repose sur le plancher, les muscles qui le supportent ne sont pas relâchés, mais ils résistent à la continuation du mouvement. Une résistance semble être externe, parce qu'on ne sent pas l'innervation (et la contraction) de ces muscles.

Il faut encore nous débarrasser d'une difficulté fondamentale, avant d'accepter définitivement l'idée que toutes les sensations ont une origine périphérique. Si nous ne sentons que le processus périphérique du mouvement, comment se fait-il que nous soyons capables de distinguer nos propres mouvements actifs, des mouvements imprimés à nos membres par un agent externe ? La sensation du mouvement actif

1. *Archiv für (Anat. und) Physiologie*, 1889, Suppl. Band, 172.

n'est-elle pas distincte de celle du mouvement passif, et n'est-elle pas la sensation de notre propre innervation ?

Cette question a été abordée d'une façon expérimentale par GOLDSCHEIDER[1]. Il trouve que les mouvements actifs sont à peine mieux perçus que les mouvements passifs. Le moindre mouvement actif perceptible a presque la même importance que le moindre mouvement passif perceptible. Rien ne montre que ces deux perceptions soient différentes dans l'espèce ou qu'elles soient fondées sur des sensations différentes.

Si nous interrogeons nos sensations sur les mouvements actifs et passifs, nous les trouvons différentes en degrés mais non pas en espèces. Dans le mouvement actif, nous sentons une tension plus puissante dans les tendons, les jointures et les muscles. Ceci était à prévoir, du moment que le mouvement actif soumet les organes à une tension plus forte que le mouvement passif. Un mouvement produit par l'excitation électrique des muscles donne à peu près les mêmes sensations que le mouvement volontaire.

Certainement, nous nous rendons compte du caractère volitional des mouvements volontaires. Nous nous rendons compte de notre intention d'accomplir un certain mouvement ; nous sentons l'intention avant de sentir le mouvement. Mais qu'est-ce que la conscience de l'intention ? Ce n'est pas la conscience que tel ou tel centre moteur sera excité, que tel ou tel muscle sera innervé ou que telles ou telles join-

1. *Op. cit.*, p. 208.

tures seront mises en rotation. Nous avons à peine la sensation vague, à peine la moindre perception anatomique du mécanisme musculaire dans lequel le mouvement doit être exécuté. Nous ne réfléchissons pas au processus par lequel le mouvement doit être exécuté ; ce que nous en pensons est le résultat de ce processus. Souvent l'attention se rapporte à l'apparence visuelle du mouvement qui doit être exécuté. Lorsqu'on parle ou qu'on chante, l'attention se rapporte au son que l'on produit ; nous ne songeons pas à faire des mouvements avec la bouche et la larynx, nous n'avons pas de conscience prémonitoire de ces mouvements ; nous avons simplement la conscience prémonitoire du son à produire. Dans d'autres cas, l'attention se rapporte au mouvement de quelque objet extérieur. Dans tous les cas, la conscience prémonitoire se rapporte au résultat voulu, et non pas au processus musculaire par lequel le résultat doit être atteint.

Ces faits ne réfutent pas simplement l'existence de la conscience du processus d'innervation ; ils font tort également au remplaçant qui a été offert pour cette conscience. Wundt[1] admet maintenant que nulle sensation n'accompagne l'innervation des nerfs moteurs. Il remplace les sensations d'innervation par une conscience prémonitoire supposée du mouvement, consistant en des sensations périphériques reproduites du mouvement. Une certaine quantité de ces sensations reproduites peut sans doute être

1. *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, 4te Auflage, 1894, I, 431.

présente, mais non point la représentation adéquate des détails du mouvement.

Nous pouvons conclure donc, en deux mots : la tension pour l'exécution d'un mouvement est une conscience prémonitoire du résultat du processus moteur ; les sensations de mouvement sont des sensations d'origine périphérique, produites par le mouvement.

CHAPITRE II

LES CANAUX SEMI-CIRCULAIRES ET AUTRES PARTIES DE L'OREILLE INTERNE, COMME ORGANES DES SENSATIONS DU MOUVEMENT.

Si le sens musculaire est un « sixième sens », les canaux semi-circulaires doivent être l'organe d'un *septième*. Y a-t-il une excuse à multiplier les sens de cette façon ? Y a-t-il des sensations ou des réflexes qui ne puissent être assignés aux traditionnels cinq sens, plus le sens musculaire ?

Un examen préliminaire nous montrera les raisons pour supposer qu'il peut y avoir cependant une autre source de sensations. Un fait qui ressort, c'est la sensation familière de vertige qui résulte d'un tournoiement rapide. Après avoir tourbillonné un certain temps et qu'on s'arrête, le corps semble tourbillonner en sens contraire. Cette sensation se trouve différente de la sensation musculaire ou tactile, et comme on peut la ressentir, quoique moins fortement, lorsque les yeux sont fermés, elle n'est pas entièrement visuelle. Elle semble venir de l'intérieur de la tête. Purkinje, qui a le premier décrit ces sensations ou illusions, suppose qu'elles résultent des mouvements du cerveau à l'intérieur du crâne ; mais il n'y a rien à dire en faveur de cette opinion. Plus pro-

bablement, ces sensations de rotation, tout comme les autres sensations, prennent naissance de la stimulation d'un organe sensoriel périphérique.

Un autre fait qui nous fait deviner l'existence d'un septième sens, est le pouvoir que nous avons de percevoir les positions et les mouvements de la tête et du corps. Nous pouvons les percevoir même lorsque nous nous trouvons sous l'eau, les yeux fermés, situation qui nous enlève toute action dans les sensations visuelles, tactiles et musculaires, qui puissent nous orienter.

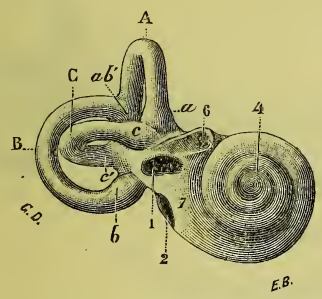

Fig. 3. — Le labyrinthe osseux isolé et vu par son côté externe (Testut).
1. Fenêtre ovale. — 2. Fenêtre ronde. — 3. Vestibule. — 4. Limaçon. — 5. Conduit auditif interne. — 6. Baguette de Fallope.

Ces faits sont suffisants pour que ce ne soit pas une entreprise insensée de rechercher un septième sens. Un organe périphérique approprié au sens de rotation et de position se trouve dans l'oreille interne.

Nous décrirons cet organe sensoriel, ensuite nous montrerons de quelle façon il est stimulé, et enfin nous mentionnerons quelles sensations en prennent probablement naissance.

Esquisse anatomique. — L'oreille interne est contenue dans une cavité étroite mais compliquée, à l'intérieur de l'os temporal. Cette cavité, appelée le labyrinthe osseux, se compose d'une portion centrale arrondie, le *vestibule,* au dehors duquel communique à la partie antérieure un tube en spirale, appelé le *cochlea,* et à la partie postérieure trois tubes recourbés, les canaux semi-circulaires. Chaque canal s'ouvre à chaque extrémité dans le vestibule ; chacun

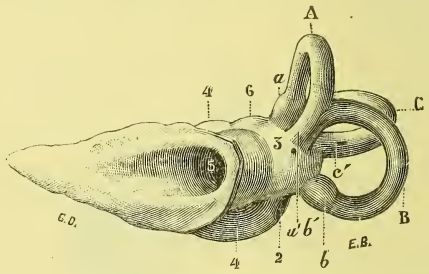

Fig. 4. — Relations d'espace des canaux (d'après Testut).
a. Canal demi-circulaire supérieur. — B. Canal demi-circulaire postérieur. — C. Canal demi-circulaire externe.

comprend plutôt plus que moins de la moitié d'un cercle ; avec le vestibule qui complète l'arc, chacun constitue donc un cercle.

Les plans des trois canaux sont exactement en angle droit l'un par rapport à l'autre. Le plan de l'un est presque horizontal, mais chez l'homme, lorsque la tête est levée, ce plan incline un peu vers le derrière. C'est ce qu'on appelle parfois le canal horizontal, mais un nom morphologique meilleur est *canal externe.* Le plan des deux autres canaux est

presque vertical, et chacun forme un angle de près de 45° avec le plan sagittaire. Le canal *antérieur* ou supérieur s'étend au dehors et en avant ; le canal *postérieur* ou inférieur s'étend au dehors et en arrière.

Pour comprendre la fonction des canaux, il est important de savoir que chaque canal d'une oreille est parallèle à un canal de l'autre oreille. Les deux canaux externes sont parallèles et se trouvent par conséquent sur le même plan. Le plan de chaque

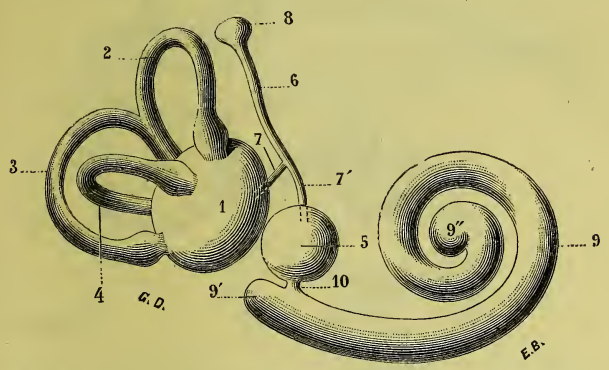

Fig. 5. — Labyrinthe membraneux du côté droit, vu par sa face externe (d'après Testut).

canal antérieur est approximativement parallèle au plan du canal postérieur de l'autre oreille.

Chaque canal, à une extrémité qui touche au vestibule, se dilate en une *ampoule*, à l'intérieur de laquelle se trouve les terminaisons des nerfs. Les ampoules de deux canaux parallèles sont aux extrémités opposées des canaux, en sens cyclique. On peut voir dans la figure ci-jointe et dans la fig. 8, p. 67, les relations d'espace des canaux et de leurs ampoules.

A l'intérieur de cette cavité — le labyrinthe osseux — se trouve un système de tubes membraneux et de sacs, le « labyrinthe membraneux ». Il correspond point par point avec le labyrinthe osseux, excepté pour le vestibule, qui contient deux sacs membraneux le *utricule* et le *saccule,* reliés l'un à l'autre par un

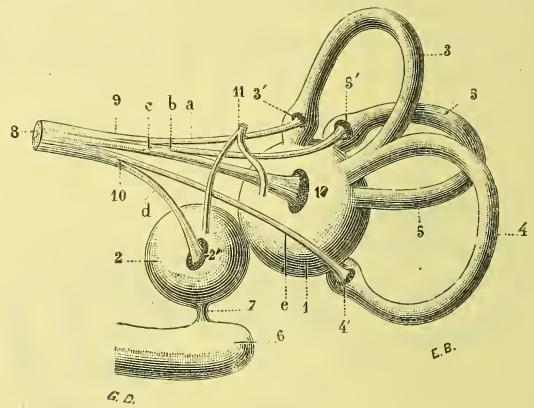

Fig. 6. — Les nerfs des ampoules, etc. (d'après Testut).

8. Branche vestibulaire de l'auditif. — 9. Nerf vestibulaire supérieur avec : *a,* nerf ampullaire supérieur ; *b,* nerf ampullaire externe ; *c,* nerf utriculaire. — 10. Nerf vestibulaire inférieur avec : *d,* nerf saculaire ; *e,* nerf ampullaire postérieur.

tube mince. Le *utricule* reçoit les ouvertures des canaux membraneux semi-circulaires. La cavité osseuse autour du labyrinthe membraneux est remplie de lymphe, ainsi que le labyrinthe membraneux lui-même. Celle qui se trouve à l'intérieur de ce dernier s'appelle endolymphe, celle qui est autour, périlymphe. Les lymphes diffèrent peu de l'eau.

Les organes terminaux du huitième nerf crânial se

trouvent à l'intérieur du labyrinthe membraneux — dans le cochlea, l'utricule et le saccule et dans les ampoules des canaux semi-circulaires. Chez les oiseaux, il y a encore une masse de terminaisons nerveuses, à savoir dans le *lagena,* une poche à la base du cochlea, et qui manque chez les mammifères. Les poissons possèdent le *lagena,* mais pas de cochlea.

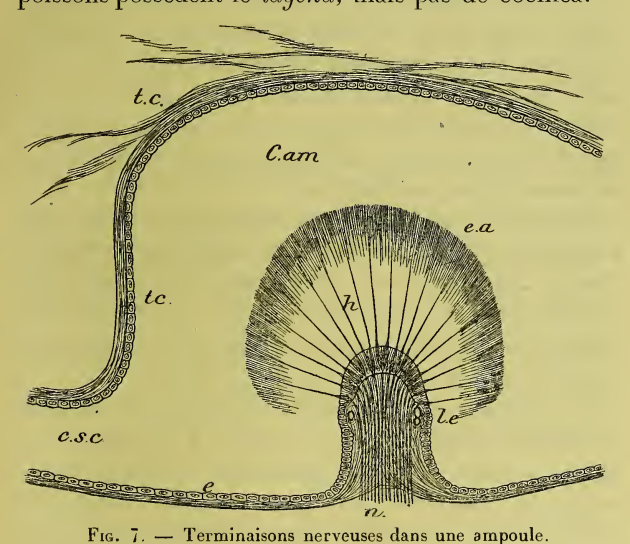

Fig. 7. — Terminaisons nerveuses dans une ampoule.

Voici la description des organes terminaux : à travers chaque ampoule passe une élévation transversale, dont le sommet est appelé *crista* acoustique, et à la surface de ce *crista* il y a des cellules qui envoient dans l'endolymphe de l'ampoule, des processus semblables à des cheveux ; par leurs bases, ces cellules sont en contact avec les fibres qui passent dans le

huitième nerf. Les cheveux ont apparemment pour fonction d'être stimulés par les ondes ou courants de l'endolymphe.

Les nerfs de l'*utricule*, de *saccule* se terminent dans les *macules* acoustiques qui, pareilles aux *crista*, se projettent dans les cavités de l'endolymphe. Les cheveux d'une *macula*, après s'être étendus sur une petite distance dans l'endolymphe, se recourbent en angles droits les uns vers les autres et forment une natte qui enveloppe la *macule*. Dans cette natte se trouve une masse de cristaux calcaires, les otolithes; les cheveux nerveux sont apparemment stimulés par les mouvements des otolithes.

Breuer[1] a trouvé que les surfaces des *macules* de l'*utricula* et du *saccule* sont perpendiculaires l'une à l'autre. Chez les oiseaux et les poissons, qui ont aussi une *macule* avec des otolithes dans le lagena, il y a trois paires de *macules* qui correspondent en direction aux trois paires de canaux semi-circulaires.

Les connexions centrales de ces organes sensoriels se font à travers le huitième nerf. A l'extrémité périphérique, ce nerf a deux branches, une vestibulaire et une cochléaire. A l'extrémité centrale, ces parties se séparent et suivent des chemins différents. Chez les moutons et chez les chevaux, les nerfs vestibulaires et cochléaires sont distincts d'un bout à l'autre. Cela a donné naissance à l'opinion que le huitième nerf est en réalité deux nerfs et que le nerf vestibulaire n'a pas de fonction auditive.

1. Pflüger's *Archiv für die ges. Physiologie*, 1891, XLVIII, 213 et sq.

Les fibres de la branche vestibulaire s'unissent dans la moelle avec le nuclée de Deiters ; une partie passe dans le pédoncule supérieur du cervelet, et une partie dans le « nuclée vestibulaire descendant » de Ramon Cajal et dans le nuclée triangulaire. La connexion avec le nuclée de Deiters est particulièrement intéressante, car d'ici des fibres se dirigent dans les nuclées des nerfs oculomoteurs et abducteurs ; par cette voie, la stimulation de l'ampoule peut produire les mouvements des yeux, comme cela a lieu en réalité[1].

La structure du labyrinthe nous incite à croire qu'il renferme les organes terminaux d'un sens statique et kinématique. A cause de l'inertie de l'endolymphe, un mouvement de la tête dans le plan d'un canal quelconque doit produire un courant de direction inverse, à travers le canal. A cause de l'étroitesse des canaux membraneux, le courant sera sans doute faible, mais il doit y avoir *un certain* effet d'inertie. Une accélération positive ou négative dans le mouvement tournant de la tête doit produire un courant dans le canal. La rotation de la tête sur un plan intermédiaire entre deux canaux, doit produire des courants dans les deux. De même, toute accélération rectilinéaire de la tête doit produire un mouvement de l'un ou plusieurs des otolithes ; et dans toute position de la tête, les otolithes doivent à un certain degré exercer une impulsion et un tiraillement sur les fibres nerveuses de leurs *macules* respec-

1. Voir A. Thomas. *Compte rendus de la Société de biol.*, 1898, p. 183.

tives. Il est certain qu'il n'y a pas deux directions de rotation ou de mouvement rectiligne, et pas deux positions qui puissent avoir exactement les mêmes effets d'inertie sur des organes distribués comme ceux-ci le sont.

Si les organes terminaux sont appropriés à la stimulation, par ces mouvements de l'endolymphe et des otolithes — et cette supposition est très probable — les impulsions sensorielles produites varieront avec chaque position et chaque mouvement de la tête.

Mais inférer la fonction de la structure n'est pas un procédé sûr ; avant d'en parler, il nous faut considérer les expériences physiologiques importantes, qui sont de deux sortes : l'*extirpation*, afin de voir quelle fonction sera annihilée par là, et la *stimulation* pour voir quelle fonction aura augmenté son activité, et aussi quelle sorte de stimulation est en état d'exciter les organes terminaux.

C'est Flourens, le promoteur des études scientifiques sur les canaux semi-circulaires, qui a le premier entrepris ces expériences[1]. Sa première expérience, faite en 1824-1825, a consisté à couper à un pigeon les canaux horizontaux dans chaque oreille. Les effets immédiats de la section furent « le branlement horizontal de la tête, et le tournoiement de l'animal sur lui-même ». L'animal fut gardé vivant ; ces mouvements particuliers persistèrent, quoique

1. *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, 2e édit., 1842, p. 452 et sq., parues d'abord dans les *Mémoires de l'Acad.*, 1825 et 1828.

avec une intensité moindre ; on pouvait les augmenter en excitant l'animal au mouvement. Six mois après, il tua l'animal et trouva que les canaux externes étaient oblitérés, tandis que le cerveau, auquel on pourrait attribuer ces troubles, n'était pas atteint.

Flourens publia ses expériences avec plus de détails en 1828. En voici un extrait :

« Je coupai le canal horizontal du côté gauche sur un pigeon : il parut sur-le-champ un léger mouvement de la tête de droite à gauche et de gauche à droite. Ce mouvement dura peu : l'animal reprit son allure habituelle ; il avait tous ses sens, toute son intelligence, tout l'équilibre de ses mouvements.

« Je coupai le canal horizontal de l'autre côté : le mouvement horizontal de la tête reparut soudain, mais avec une rapidité, une impétuosité telles que l'animal, perdant tout équilibre, tombait et roulait longtemps sur lui-même sans pouvoir réussir à se relever.

« Ce violent mouvement de la tête, de droite à gauche et de gauche à droite, ne durait pas toujours. Quand l'animal était en repos, la tête y était aussi ; mais dès que l'animal se mouvait, le mouvement de la tête recommençait, et ce mouvement devenait toujours d'autant plus fort que l'animal cherchait à se mouvoir plus vite.

« Ainsi, dans la simple station, l'animal conservait son équilibre ; il le perdait, dès qu'il voulait marcher ; il le perdait encore plus, s'il voulait marcher vite ; il le perdait tout à fait, s'il voulait courir ou voler.

« Aux moments de la plus grande violence du mou-

vement de la tête, tous les mouvements de l'animal étaient confus et désordonnés.

« Le globe de l'œil et les paupières étaient dans une agitation extrême et presque perpétuelle. »

La théorie de Flourens sur l'action des canaux était que chacun *modère la force* des mouvements dans son propre plan ; les canaux horizontaux modèrent donc les mouvements horizontaux de la tête ; si l'on abolit la fonction de ces canaux, les mouvements horizontaux deviennent excessifs.

Il est certain que, jusqu'à un certain point, chaque canal doit modérer la rotation de la tête, dans le plan de ce canal[1]. L'avis de Flourens, en ce que concerne la manière d'après laquelle cette action était mise en pratique, semble plutôt vague. Il envisageait peut-être les canaux comme des organes centraux automatiques.

Goltz[2] le premier les a envisagés comme des organes sensoriels périphériques exerçant une influence réflexe sur le mouvement à travers les centres nerveux.

1. Une seule question peut naître de cette interprétation des résultats de Flourens. Les mouvements excessifs sont-ils dus à l'absence d'une fonction modératrice, ou à la supra-stimulation d'une fonction opposée par la section et la stimulation chimique subséquente du nerf lésé ? Lee (*Journal of Physiology*, 1894, XVII, 201) a trouvé que la stimulation du nerf vestibulaire produit toujours des effets inverses de ceux qu'on constate après la section du nerf. Gaglio (*Journal of Laryng., Rhin. and Otol.*, 1900, XV, 522, 568) a trouvé que la cocaïne, dont l'action est paralysante et non pas stimulante, produit les mêmes effets que la destruction des organes.

2. Plüger's *Archiv für die ges. Physiol.*, 1870, III, 172.

Les expériences d'extirpation se sont multipliées pendant les trente dernières années ; dans quelques-unes les canaux ont été coupés, dans d'autres le labyrinthe membraneux a été arraché, et dans d'autres, le huitième nerf ou ses bronches ont été coupés. Les auteurs ont interprété leurs résultats de différentes façons, mais abstraction faite des sources d'erreur de quelques-unes de ces expériences, les résultats eux-mêmes concordent en général. La destruction de l'oreille interne a comme résultats des positions et des mouvements anormaux de la tête et du corps, la disparition des mouvements de compensation et l'absence de vertige dans la rotation. La destruction d'une seule oreille interne, ou la section du huitième nerf, d'un seul côté, produit une asymétrie dans les positions et les mouvements, et une disparition partielle des mouvements de compensation et du vertige. La destruction bilatérale ne produit point d'asymétrie, mais augmente l'absence des mouvements de compensation et de vertige. Ces effets de la destruction ne persistent pas indéfiniment ; probablement le sens musculaire ou l'œil remplacent graduellement l'absence du labyrinthe. Mais le vertige de rotation ne revient jamais.

Les meilleures expériences d'extirpation ont été faites par Ewald[1]. Pendant des années il s'est occupé de semblables travaux et a porté les procédés opératoires à un haut degré de perfection : il a gardé les animaux en observation pendant des mois et des

1. J.-R. Ewald. *Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des Nervus octavus.* Wiesbaden, 1892.

années après l'opération et a augmenté la valeur de ses résultats par des modifications introduites dans l'expérience. Il a surtout travaillé sur des pigeons, mais aussi sur d'autres oiseaux, sur des grenouilles, des lapins et des chiens.

Le résultat le plus remarquable de la destruction unilatérale du labyrinthe membraneux chez les pigeons, ainsi que l'a observé Ewald, était un tortillement de la tête sur son axe longitudinal, du côté de la partie lésée. Cette position n'était pas gardée constamment, mais le pigeon le reprenait aussitôt qu'on lui mettait un bandeau sur les yeux ou qu'il était excité d'une façon quelconque. La somme des contorsions du cou flexible du pigeon était très considérable ; elle atteignait parfois 180° de sorte que la tête était sens dessus dessous ; elle peut même arriver à faire une révolution presque complète. La contorsion du cou était accompagnée par une extension inégale des pattes et une inclinaison du corps du côté opéré. Ces positions anormales ne semblaient pas détruire l'équilibre du pigeon, pas plus que sa coordination, car il pouvait becqueter, boire et se battre tandis qu'il avait la tête renversée. Les contorsions augmentaient entre le cinquième et le vingtième jour après l'opération ; ensuite elles décroissaient jusqu'à ce que, plusieurs mois se passant, le pigeon agissait dans les conditions ordinaires comme un oiseau non opéré. Cependant diverses expériences ont prouvé que les mouvements du côté opéré étaient plus faibles que ceux de l'autre côté.

Quoique la suppression des deux labyrinthes ne produise pas d'asymétrie de la position ou du mou-

vement, elle fait cependant de beaucoup diminuer l'efficience du mouvement. Au commencement les mouvements étaient tout à fait désordonnés, plus tard ils s'amélioraient, quoique certains défauts y persistassent. Ewald appuie surtout sur un certain manque de force et de promptitude dans les réflexes et par conséquent dans les autres mouvements. Le pigeon dépourvu de labyrinthes ne pouvait voler d'une façon normale ; il pouvait s'élever à quelques centimètres au-dessus du sol et s'y maintenir pendant quelques mètres ; si on le laissait tomber d'une certaine hauteur, il pouvait voler vers la terre, mais rarement il pouvait atterrir convenablement ; il s'abattait plutôt sur le sol, probablement parce que ses pattes ne pouvaient pas réagir suffisamment en touchant terre. On a trouvé que les pattes d'un tel pigeon se soumettaient plus promptement à la flexion ou à l'extension passive que les pattes d'un oiseau normal. Un chien dépourvu de labyrinthes ne pouvait pas suivre des yeux un objet en mouvement, comme le fait un chien normal.

Ewald croit que cette perte d'efficience musculaire est l'effet principal de la perte du labyrinthe. Il suppose que ce dernier est surtout un organe qui sert à maintenir le *tonus* musculaire. On peut opposer des critiques à cette opinion. D'abord en admettant cette action du labyrinthe, elle ne semble pas différer essentiellement de l'action des autres organes sensoriels. Toute sensation est apte à avoir une action sur le *tonus* musculaire, et l'ouïe, peut-être, une des plus fortes. La perte de l'efficience musculaire, après la perte de l'oreille interne, est probablement due en

partie à la perte de l'ouïe, et partiellement à la perte des impulsions afférentes des canaux semi-circulaires et du vestibule. La seconde critique est que les canaux doivent être stimulés en quelque sorte pour donner naissance à ces impulsions afférentes, et s'ils sont stimulés par des mouvements du corps, ces impulsions afférentes seront des impulsions sensorielles des mouvements du corps, ou bien, nous pouvons dire, des sensations des mouvements du corps ; et l'effet sur les muscles sera l'effet réflexe de ces sensations. C'est une autre question si toutes ces impulsions sensorielles arrivent à conscience ou non ; probablement pas ; mais toutes les impulsions sensorielles de l'œil, ou de l'oreille, ou de la peau, ou des muscles et des tendons n'y arrivent non plus. La question fondamentale par rapport à un organe sensoriel est de savoir par quel agent il est stimulé. L'organe sensoriel est primitivement un organe à stimulation pour une certaine classe de stimulants ; son influence sur le mouvement est un effet de son activité, et non pas l'activité elle-même. L'œil, par exemple, exerce une grande influence sur l'équilibre ; mais l'œil n'est pas primitivement un organe d'équilibre, c'est un organe qui est stimulé par la lumière. De même, les canaux semi-circulaires sont des organes qui se stimulent par les ondes sonores, ou bien par les mouvements de la tête, ou bien par les deux. Par lesquels ? Voilà la question fondamentale.

Quelques-uns des résultats de Ewald prouvent que les canaux semi-circulaires sont stimulés par les rotations de la tête. Un animal normal laisse voir certains mouvements de compensation très définis,

pendant la rotation ; un animal dépourvu de ses labyrinthes ne laisse pas voir les mêmes mouvements. Ewald a analysé soigneusement les mouvements de compensation chez l'animal normal, afin que cela lui serve dans l'étude des animaux opérés. Lorsqu'on tourne un pigeon autour de son axe vertical, pendant un certain temps la tête se tient en arrière, ce qui n'est pas dû à l'inertie de la tête, mais à la contraction des muscles du cou ; l'effet est d'empêcher la tête de prendre part à la rotation. Mais lorsque la rotation s'est étendue à un certain angle, qui varie chez les différents pigeons de 90° à 130°, la tête exécute un mouvement rapide dans le sens de la rotation ; ensuite elle revient lentement en arrière, fait un autre mouvement rapide dans le sens de la rotation et ainsi de suite. Cette façon d'agir de la tête, et spécialement des yeux, qui exécutent les mêmes mouvements, peut être appelée *nystagmus rotatif*. Si l'on continue la rotation, le nystagmus cesse après quelque temps, et la tête est entraînée par le corps. Si l'on arrête brusquement la rotation, les mouvements recommencent dans la direction opposée, ce qui n'a lieu que lorsque le nystagmus a cessé pendant la rotation.

Des deux mouvements qui composent le nystagmus, le léger mouvement de la tête dans le sens opposé à la rotation est un mouvement de compensation, une réaction contre la stimulation de la rotation ; le mouvement rapide dans le sens de la rotation est probablement une réaction contre les sensations de tension du cou et des yeux. Le nystagmus est un réflexe en ce sens qu'il persiste, quoique affaibli, chez

les pigeons auxquels on a enlevé les hémisphères cérébraux.

Le mouvement de compensation du nystagmus s'explique facilement comme un réflexe des canaux semi-circulaires. Au début de la rotation, l'inertie de l'endolymphe doit produire un flux dans un ou plusieurs canaux; lorsque la rotation continue, l'endolymphe, à cause de la friction, sera graduellement amené à se mouvoir avec la tête, et les réflexes produits par les courants de l'endolymphe cesseront. Si la rotation cesse, l'inertie de l'endolymphe produira un courant dans le sens de la rotation, opposé au courant produit au début de la rotation, et ainsi donc des mouvements opposés de compensation seront obtenus.

Les expériences d'Ewald, dans lesquelles il a extirpé le labyrinthe du pigeon[1] prouvent que le nystagmus dépend des canaux semi-circulaires. Si l'on enlève les deux labyrinthes, il ne se produit pas de nystagmus dans la rotation, ou guère le moindre signe de nystagmus. Le peu qui en reste était dû à la stimulation visuelle, car il disparaît si l'on met un bandeau sur les yeux du pigeon. Si l'on rend aveugle un pigeon normal, on diminue le nystagmus en partie, mais moins que par l'extirpation des labyrinthes.

Le nystagmus qui résultait de la rotation horizontale était empêché par l'anéantissement de deux canaux horizontaux, mais non par des canaux verticaux.

Des lésions unilatérales ont moins d'effet sur le

1. *Op. cit.*, p. 141 et sq.

nystagmus ; mais elles l'affaiblissent quelque peu. La destruction du labyrinthe droit affaiblit le nystagmus qui résulte de la rotation à droite ou à gauche, et surtout celle qui résulte de la rotation à droite. Ou bien, pour employer des termes plus appropriés, la destruction du labyrinthe droit affaiblit spécialement le nystagmus produit par la rotation, dans la direction des aiguilles d'une montre, et à un degré moindre, celle qui est produite par une rotation en sens contraire des aiguilles d'une montre [1].

1. Un mouvement rotatif ne peut être décrit avec précision comme une rotation à droite ou à gauche. Dans un disque en rotation, il y a des points qui se meuvent à droite, pendant que d'autres se meuvent à gauche, et cependant le disque ne tourne que dans une direction, soit dans celle des aiguilles d'une montre, soit en sens inverse. Si l'on place un animal au centre d'un disque horizontal, et que le disque soit mis en rotation de façon à emporter la tête à sa droite, la queue se meut à sa gauche. Si on place l'animal à la circonférence du disque, il est soumis à la translation aussi bien qu'à la rotation. Pendant chaque rotation du disque, il est entraîné de quelques décimètres à sa droite ou à sa gauche, ou en avant ou en arrière, selon la direction à laquelle il fait face. En outre, il exécute une rotation de 360° à chaque révolution du disque avec lequel il tourne dans le même sens. La direction de sa rotation ne dépend pas de la direction dans laquelle il regarde — soit le centre, ou en dehors du centre, ou de côté — mais seulement de la direction dans laquelle tourne le disque. Si donc les mouvements de compensation de l'animal naissent par la stimulation des canaux semi-circulaires, et si ceux-ci ne sont stimulés que par la rotation, les mouvements de compensation seront dans la même direction — aussi longtemps que le disque tournera dans le même sens — sans que l'on ait à considérer dans quelle direction regarde l'animal. Si la rotation du disque s'effectue dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre, les mouvements de compen-

Jusqu'à présent nous n'avons considéré que les résultats de l'extirpation des canaux. Les effets obtenus par la stimulation des extrémités des nerfs et des ampoules sont de beaucoup plus nets. Ils prouvent que les mouvements de compensation sont obtenus par la stimulation des ampoules, qui elles-mêmes peuvent être stimulées par les courants de l'endolymphe.

Les meilleures expériences sur la stimulation ont été faites par Breuer et Ewald sur des pigeons, et par Lee sur le chien de mer.

Breuer [1], sans léser les canaux ou leurs vaisseaux

sation de l'animal seront toujours de sens contraire. Cette déduction est vérifiée par l'expérience. Quelques animaux, ayant été soumis à une rotation dans le sens des aiguilles d'une montre, courent dans un cercle de sens inverse, d'autres animaux tournent seulement la tête ou les yeux dans cette direction, c'est-à-dire qu'ils tournent leurs museaux ou leurs yeux à gauche, quelle que soit la direction à laquelle ils font face. Il est assez étrange que ces faits, si complètement en accord avec la théorie que les canaux semi-circulaires sont stimulés par la rotation, aient été imaginés par Lyon et Loeb (*American Journal of Physiology*, 1899, III, 89) pour réfuter cette théorie. Ils pensaient apparemment que la direction de rotation d'un animal dépend de la direction dans laquelle il regarde. Si le lecteur gardait encore quelque doute à ce sujet, il peut élucider ce doute en choisissant sur le parquet un point comme centre de rotation, et en tournant autour, dans le sens des aiguilles d'une montre, d'abord en fixant le centre, ensuite un point en dehors et ensuite de côté. Qu'il diminue ensuite graduellement la force translatoire de son mouvement, en tournant en cercles de plus en plus étroits, jusqu'à ce qu'il arrive à tourner sur le centre même. Il verra que dans chaque cas, il tourne dans la même direction.

1. Pflüger's *Archiv für die gesammte Physiologie*, 1888, XLIV, 135-152.

sanguins, a mis à nu l'ampoule et l'a soumise à une stimulation mécanique. Une pression sur une ampoule faisait tourner la tête dans le plan de son canal.

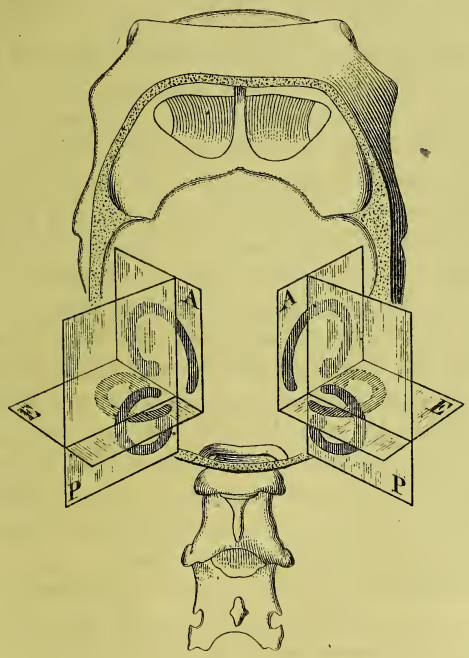

Fig. 8. — Expériences d'Ewald.

Si l'on produisait un courant à l'intérieur d'un canal membraneux, en y soufflant sous un angle oblique, il s'en suivait un mouvement de la tête dans la direction du courant à l'intérieur du canal.

Ce résultat a été confirmé par une opération déli-

cate d'Ewald[1]. Il a mis à nu et coupé un canal osseux et, à l'extrémité sectionnée, il a attaché un tube mince de drainage rempli d'un liquide (solution saline physiologique) qu'on pouvait faire entrer doucement dans le canal ou l'en faire sortir. Les courants produits de cette façon donnent naissance à des mouvements de la tête, dans le plan du canal et dans la direction du courant. Un moyen plus délicat[2] pour produire un courant momentané de l'endolymphe, consiste à ouvrir le canal osseux par le milieu et, au moyen d'un petit piston, opérer par pression pneumatique, en comprimant le canal membraneux. L'extrémité du canal en dehors de l'ampoule ayant été pourvue d'un tampon, la compression du canal produira un flux dans une seule direction, à savoir de l'ampoule dans l'*utricule* ; au lieu que, se relâchant, la compression causera un flux dans la direction opposée. De cette façon, les résultats remarqués dans l'expérience brute sont obtenus avec la dernière précision et régularité : chaque courant produit un mouvement de la tête, exactement dans le plan du canal et dans la direction du courant.

Ces résultats sont encore remarquablement confirmés par ceux de Lee[3] sur le chien de mer. Les canaux de ce poisson sont facilement opérables. Le poisson répond à toute rotation passive par des mouvements compensatoires des yeux et des nageoires ;

1. *Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des Nervus octavus*, p. 211.

2. Ewald. *Op. cit.*, p. 261.

3. F.-S. Lee. *Journal of Physiology*, 1893, XV, 311 et 1894, XVII, 192.

les mouvements des nageoires sont tels qu'ils peuvent résister à la rotation imprimée et ceux des yeux peuvent maintenir ces derniers dans la même direction, malgré la rotation du corps. Ces mêmes mouvements sont obtenus en pressant sur les *ampullæ*; toute stimulation d'une *ampulla* détermine les mêmes mouvements compensatoires que si l'on faisait tourner le poisson dans le sens de ce canal ; ainsi, la stimulation de l'*ampulla* du canal horizontal gauche détermine les mêmes mouvements que si l'on faisait tourner l'animal horizontalement à gauche ; la stimulation de l'*ampulla* antérieure gauche détermine les mêmes mouvements que si l'on faisait tourner l'animal obliquement en avant et à gauche, et la stimulation de l'*ampulla* gauche postérieure détermine les mêmes effets que si l'on faisait tourner l'animal obliquement en arrière et vers la gauche. La stimulation simultanée de deux *ampullæ* donne naissance aux mêmes mouvements que la rotation du poisson dans un plan intermédiaire entre les deux canaux ; par exemple une stimulation semblable des deux canaux antérieurs détermine des mouvements pareils à ceux qui seraient produits par la rotation du poisson en avant ; la stimulation des deux canaux postérieurs, des mouvements pareils à ceux qui seraient produits par la rotation du poisson en arrière, et la stimulation des canaux antérieur et postérieur du même côté produit les mêmes mouvements que ceux que l'on obtiendrait en faisant tourner le poisson sur son axe longitudinal, de ce même côté. Une stimulation identique, exercée sur une paire de canaux opposés, comme les deux canaux externes ou les canaux gauche

antérieur et droit postérieur, ne donne naissance à aucun mouvement : les effets étant opposés, ils se neutralisent l'un l'autre. Dans chaque cas, les stimulations combinées de deux canaux produisent des mouvements qui sont la résultante des mouvements produits par la stimulation de chaque canal séparément.

La conclusion certaine qu'on peut tirer de ces résultats est que l'ampoule de chaque canal est stimulée par des rotations de la tête dans le plan du canal et dans la direction de l'ampoule. On peut ajouter que les mouvements en dehors de l'ampoule la stimulent aussi, quoique à un degré moindre. Ainsi Breuer et Ewald ont trouvé que l'ampoule était stimulée par des courants d'endolymphe dans l'une ou l'autre direction. Lee a trouvé qu'une très faible stimulation d'une ampoule détermine des mouvements opposés aux mouvements donnés par une stimulation puissante ou modérée et équivalents aux mouvements compensatoires déterminés lorsqu'on fait tourner l'animal dans le plan du canal, mais en dehors de l'ampoule.

Ces résultats, admirablement clairs et concordants, ont encore été fortifiés par les observations qu'a faites Lee en coupant les branches nerveuses de chaque ampoule séparément. En coupant les nerfs de chaque paire fonctionnelle, comme la gauche antérieure et la droite postérieure, il les a rendus incapables de donner naissance à des mouvements compensatoires, par la rotation dans le plan de cette paire de canaux. Ensuite, en coupant les nerfs de l'ampoule qui a été spécialement stimulée par le mouvement dans une

direction particulière quelconque, il a donné naissance à des mouvements forcés dans cette direction-là. Ainsi en coupant les nerfs des deux ampoules antérieures chez un poisson, il produit une tendance vers des sauts en avant ; en coupant les nerfs des deux ampoules postérieures, il y a tendance vers des sauts en arrière, et en coupant les nerfs des ampoules antérieure et postérieure d'un côté, le poisson tend à rouler dans cette direction.

Ces mouvements sont dus sans doute à l'absence des mouvements compensatoires. Le mouvement compensatoire obtenu par la rotation, dans une direction quelconque, est opposé à cette rotation et de cette façon il la modère et la contrarie. Si, d'autre part, le mouvement compensatoire est empêché de se produire par l'enlèvement des ampoules dont la stimulation doit normalement lui donner naissance, la rotation, n'étant plus modérée, se produira plus loin que d'habitude. Si les ampoules opposées sont en fonction pendant ce temps, de sorte que les rotations soient compensées dans la direction opposée, le résultat sera un excès de rotation dans la direction de l'ampoule atteinte ; en d'autres mots, il y aura un mouvement forcé.

Un résultat différent se produit lorsque les deux ampoules d'une paire de canaux opposés sont hors de fonction. Alors il n'y a point de mouvements compensatoires dans le plan de ces canaux et les rotations dans ce plan et dans l'une ou l'autre direction ne trouvent point d'empêchement ; le résultat est une motilité excessive dans ce plan. Cette propriété a été réalisée par les pigeons de Flourens, dont les mouve-

ments de la tête étaient pareils à ceux d'un pendule. Elle a encore été réalisée par les chiens de mer de Lee, chez lesquels les nerfs des deux canaux horizontaux avaient été coupés ; ces animaux avaient la tendance de nager dans des cercles étroits, vers la gauche ou vers la droite, n'importe laquelle.

Mais assez d'expériences physiologiques ! Nous ne pouvons pas examiner toutes les autres recherches qui ont été faites ; il nous faut cependant déclarer que beaucoup d'entre elles ne concordent pas dans tous leurs détails avec les résultats de Flourens, Breuer, Ewald et Lee, ce qui peut s'expliquer par certaines négligences dans les conditions de l'expérience ; quant à nous, nous avons choisi comme base de notre étude les travaux qui présentaient le plus de garanties dans le procédé, ainsi que les résultats les plus instructifs.

Récapitulons donc, avant d'aller plus loin, les faits déjà exposés :

1. Les canaux sont disposés par paires dans trois plans presque perpendiculaires l'un à l'autre.

2. La rotation de la tête dans l'un de ces plans doit produire des courants inverses de l'endolymphe dans les canaux de ce plan.

3. Il est prouvé expérimentalement que de tels courants d'endolymphe sont un stimulant efficace pour les terminaisons nerveuses de ces canaux.

4. Le mouvement de la tête déterminé par un courant artificiel à travers un canal s'effectue dans la direction du courant. Le mouvement « compensatoire » de la tête, qui prend naissance dans la rotation passive de l'animal est aussi dans la direction du

courant de l'endolymphe, qui doit être produit par la rotation.

La conclusion inévitable est que les canaux semi-circulaires sont normalement stimulés par les rotations de la tête et que les mouvements compensatoires sont des réflexes qui naissent de cette stimulation.

Cette conclusion est confirmée aussi par les résultats que l'on obtient par l'extirpation, ainsi que nous l'avons décrit plus haut. Lorsqu'on extirpe les canaux qui sont dans chaque plan, ou lorsqu'on en coupe les nerfs, la rotation dans ce plan ne détermine plus de mouvements compensatoires normaux. Après extirpation complète de tous les canaux semi-circulaires, la rotation dans n'importe quel plan ne détermine plus de mouvements compensatoires normaux. Chez quelques animaux persiste encore une légère trace de ces mouvements, due à la stimulation de l'œil ; il n'en est pas moins vrai que la principale source de ces mouvements est la stimulation des canaux semi-circulaires.

Une fonction presque pareille est probable pour les *maculæ acusticæ* dans l'*utricule*, la *saccule* et la *lagena*. Nous devons rappeler que la structure et l'arrangement de ces organes prouvent que les otolithes seraient mus par un mouvement rectilinéaire de la tête et aussi que les cheveux nerveux des macules auraient des tensions différentes, suivant les différentes inclinaisons de la tête. Quelques résultats expérimentaux tendent à montrer que ces mouvements et ces tensions des otolithes stimulent les fibres nerveuses et donnent naissance aux réflexes. Si un animal est fixé dans une position anormale, il la corrige partiellement en don-

nant à sa tête des mouvements contraires. Ces positions compensatoires disparaissent si l'on détruit les labyrinthes ou si l'on coupe les nerfs acoustiques; après ces opérations, l'animal accepte indifféremment toute position. Une grenouille opérée ainsi demeurera sur le dos, si on l'y place, tandis qu'une grenouille normale se serait redressée d'elle-même. La grenouille opérée nage aussi bien sur le ventre que dans la position normale. Il en est de même pour le poisson : en coupant seul un des huitièmes nerfs, on oblige le poisson de se reposer et de nager sur le côté [1].

On peut donc admettre comme certain que les canaux semi-circulaires sont un organe sensoriel, stimulé par les rotations de la tête; et comme probable que l'*utricule* et le *saccule* sont des organes sensoriels, stimulés par l'inclinaison de la tête. Il s'agit maintenant de savoir, en tant que psychologie, si les impulsions nerveuses afférentes qui prennent naissance dans ces organes sensoriels agissent sur les centres conscients ou seulement sur les centres réflexes. Les mouvements compensatoires dont nous avons parlé sont des réflexes, en ce sens qu'on les trouve chez les pigeons auxquels on a enlevé les hémisphères cérébraux [2]. Reste à savoir, en laissant à côté ces réflexes, si la stimulation des canaux semi-circulaires donne aussi naissance à des sensations conscientes.

1. Voir entre autres Breuer. Pflüger's *Archiv für die ges. Physiol.*, 1891, xlviii, 205, 237, 249; Lee. *Journal of Physiol.*, 1893, XV, 325, 327.

2. Ewald. *Op. cit.*, p. 140.

Nous percevons la rotation de notre propre tête ; cette perception repose-t-elle sur les sensations des canaux semi-circulaires ? Sans doute qu'elle dépend en partie d'autres sensations, car nous pouvons facilement découvrir des sensations musculaires et tactiles, dans la nuque, pendant les mouvements de la tête et puisque nous avons aussi des sensations visuelles de rotation ; avons-nous aussi des sensations labyrintiques de rotation ?

Le fait que les sensations de rotation ne se rapportent pas subjectivement aux canaux n'a aucun rapport avec notre question ; les sensations de son ne se rapportent pas au *cochlea,* ni les sensations de lumière à la rétine. La stimulation excessive de ces organes peut, il est vrai, se rapporter à la région de ces organes, et une rotation excessive donne naissance à une sensation qui semble provenir de l'intérieur de la tête. Cette sensation de vertige est ressentie surtout lorsque la rotation cesse. Si les yeux sont fermés, la sensation illusoire de rotation est la plus pure ; alors les sensations visuelles de vertige n'interviennent plus et la confusion mentale qui résulte de la combinaison inaccoutumée des sensations est réduite au minimum ; ce qui reste, c'est une sensation illusoire de rotation et cette sensation semble venir de l'intérieur de la tête. On peut prouver qu'elle provient de la tête en inclinant celle-ci pendant la durée des sensations ; le plan de la rotation apparente tend à s'incliner *pari passu* avec la tête. Si pendant la rotation horizontale on maintient la tête droite et qu'on l'incline lorsqu'on arrête la rotation, la rotation illusoire qui s'ensuit semble transportée tout à coup dans un plan

vertical ; et cette illusion peut être assez forte pour produire des mouvements du corps qui jetteraient le sujet à terre si l'on n'y faisait attention. La sensation de rotation diffère aussi d'après la direction dans laquelle la tête est inclinée pendant la rotation.

Cette sensation illusoire de rotation prend naissance dans un organe de la tête, à savoir dans un organe qui est différemment stimulé par des rotations faites dans différentes directions. Du moment que des expériences physiologiques ont prouvé que ces conditions sont remplies par les canaux semi-circulaires, ce sont eux probablement l'organe d'où ces sensations proviennent.

Cette conclusion est ratifiée par des observations sur les sourds. Beaucoup de personnes sourdes — selon Mygind[1] 56 pour 100 sur les 118 cas qu'il a eu à examiner — ont les canaux semi-circulaires défectueux. La seule difficulté pour les expériences est que l'on ne peut observer ces défectuosités pendant la vie.

James[2] a été le premier à voir que l'examen des sourds peut aider à déterminer les fonctions des canaux. Il a soumis 519 muets à la rotation, pour voir s'ils pouvaient être sujets au vertige. Il a trouvé que 36 pour 100 ne l'avaient par la rotation dans aucun plan, et que 20 pour 100 ne donnaient que de faibles indications de vertige. Comme expérience de contrôle, il a fait tourner 200 personnes à l'ouïe normale et n'en a trouvé qu'une seule n'ayant pas de vertige.

1. *Archiv für Ohrenheilkunde*, 1890, XXX, 76.
2. *American Journal of Otology*, 1882, IV, 239.

D'autres recherches ont été faites par Kreidl[1] qui n'a point trouvé de nystagmus dans la rotation chez presque 50 pour 100 sur 109 sourds-muets. Strehl[2], sur 167 cas, n'a point trouvé de nystagmus chez 21,5 pour 100. Le pourcentage diffère; il n'en est pas moins certain qu'une grande partie des personnes sourdes n'ont pas le vertige par rotation que l'on trouve chez les personnes normales.

Les sensations du vertige de rotation proviennent en partie de l'oreille interne, et sans contredit des canaux semi-circulaires ; elles sont dues à la stimulation excessive de ces canaux. La stimulation modérée de ces derniers donnerait-elle naissance à des sensations conscientes de rotation ?

Les observations faites sur des sourds montrent qu'il leur manque aussi quelques sensations sur les positions et les mouvements de la tête, sensations qui servent au maintien de l'équilibre. James a remarqué que des personnes sourdes sont en état d'aller en zigzag au lieu de marcher droit. Kreidl, ainsi que Bruck[3], ont trouvé que beaucoup de sourds ne pourraient, sans le secours des yeux, marcher droit, sauter, se tenir sur une jambe, ou de garder leur équilibre sur un léger point d'appui.

Beaucoup de sourds-muets sont dans l'impossibilité de s'orienter sous l'eau, ainsi que l'a découvert James ; les personnes normales le peuvent au contraire très bien. James a trouvé que des gens qui avaient le sens

1. Plüger's *Archiv für die ges. Physiol.*, 1891, LI, 131.
2. *Ibid.*, 1895, LXI, 225.
3. *Ibid.*, 1894, LIX, 16.

parfait de l'orientation avant de perdre l'ouïe, étaient ensuite incapables de s'orienter sous l'eau. Parmi 25 sourds qui n'accusaient point de vertige, 15 étaient dépourvus du pouvoir de s'orienter sous l'eau ; ce qui probablement dépend davantage des otolithes que des canaux semi-circulaires.

Une expérience de Kreidl semble prouver aussi que c'est du labyrinthe que nous vient la notion de la direction verticale. Lorsqu'une personne normale tourne dans un carrousel, les lignes verticales lui paraissent inclinées, et si on lui demande d'indiquer quelle direction lui semble verticale, elle indique la direction qui est la résultante de la gravité et de la force centrifuge de la rotation. Cette illusion, quoique existant toujours chez les sujets normaux, manque chez beaucoup de sourds-muets. La partie intéressée de l'oreille est probablement les otolithes dans ce cas.

On a fait peu d'expériences pour déterminer si la perception des mouvements rotatifs faibles est aussi aiguë chez les sourds-muets que chez les personnes normales. M. Egger[1] rapporte une étude faite sur deux cas de surdité ; dans l'un, il n'y avait point de perception des rotations passives, si le sujet avait les yeux fermés, et le vertige ne pouvait être provoqué, quoiqu'il n'y avait point de trouble dans l'équilibre ; tandis que dans l'autre cas la rotation était perçue, le vertige se produisait, mais l'équilibre était plus détruit. Egger déduit que dans ce dernier cas, le trouble affecte l'*utricule* et le *saccule* et dans le premier, les canaux semi-circulaires.

1. *Comptes rendus de la Société de biol.*, 1898, p. 693.

En résumé, la comparaison des personnes sourdes avec les normales prouve que beaucoup parmi les sourds n'ont pas le vertige à cause de la rotation, et que beaucoup d'entre eux ont un pouvoir défectueux de maintenir leur équilibre par rapport à la gravité. Ces faits, combinés avec les résultats des expériences physiologiques, prouvent presque que les sensations de vertige, de rotation et de position de la tête par rapport à la verticale, viennent en grande partie des canaux semi-circulaires et de l'*utricule* et du *saccule*. Ce sont donc des organes sensoriels, au sens strict du mot. Les impulsions afférentes qu'ils envoient au système nerveux central, n'affectent pas seulement les centres réflexes, en produisant des mouvements compensatoires : *ils affectent aussi les centres conscients et donnent naissance à des sensations de mouvement,* sur lesquelles s'appuient les perceptions des mouvements et des positions de la tête.

Ce septième sens a été appelé le sens statique et dynamique, mais ce terme qui ne devrait s'appliquer qu'au labyrinthe, est mauvais, car il s'applique également au sens musculaire. Il vaudrait donc mieux, pour le moment, désigner ce sens par rapport à ses organes.

Nous ne pouvons pas clore ce chapitre sans donner un aperçu rapide de deux autres théories qui ont été émises sur la fonction de ces organes. Preyer[1], parlant de leurs positions dans l'espace, croit qu'ils répondent différemment aux différentes ondes sonores venant de différentes directions et servent

1. Pflügers *Archiv für die ges. Physiol.*, 1889, XL, 596.

ainsi à localiser le son. Cette théorie n'est pas admissible[1]. On ne peut pas supposer que les ondes sonores qui passent à travers le *meatus* auditif externe et les osselets se répandent ensuite dans le labyrinthe, dans leur direction originelle. Et de même que les ondes sonores qui sont conduites au labyrinthe par les os du crâne, il est difficile d'admettre qu'en passant obliquement de l'air à la peau et à la chair, de celles-ci aux os et des os à la lymphe, elles peuvent retenir quelque chose qui aille dans la direction originelle. Certains auteurs éminents, quoique n'étant pas de l'avis de Preyer, inclinent à revendiquer pour les canaux une fonction auditive, en grande partie parce que l'examen *post mortem* de quelques sourds-muets (8 cas sur les 118 de Mygind) n'a pas révélé de défectuosité nulle part, excepté dans les canaux. Si l'on considère ce fait isolément, il signifierait que le cochlea lui-même n'était pas un organe auditif ! Cependant je ne connais aucun fait qui impliquerait la non-existence d'une fonction auditive des canaux. Une telle fonction n'est pas incompatible avec leur fonction d'organe sensoriel de la rotation. Les cheveux nerveux des ampoules pourraient être stimulées par les ondes sonores aussi bien que par les courants de l'endolymphe ; mais la stimulation par les ondes sonores est, quant à présent, hypothétique, tandis que la stimulation par les courants de l'endolymphe est un fait prouvé.

1. Voir Breuer, dans Pflüger's *Archiv für die ges. Physiol.*, 1891, XLVIII, 295.

Von Cyon[1] a avancé une autre théorie sur la fonction des canaux, théorie qui, si elle était adoptée, serait d'un grand intérêt pour la psychologie. Von Cyon croit que les canaux donnent une idée de trois dimensions dans l'espace. Il ne veut pas dire qu'en donnant les sensations de mouvement dans chacun des trois plans, ils aident à édifier l'idée d'espace ; il leur dénie le pouvoir de produire des sensations de mouvement : ils donnent simplement une sensation de l'espace dans ses trois dimensions. Les canaux se trouvant dans trois plans, les sensations auxquelles ils donnent naissance sont des sensations de trois dimensions.

Puisque les canaux donnent naissance à des sensations d'espace, on pourrait naturellement déduire qu'ils sont stimulés par l'espace, chaque canal par ses propres dimensions de l'espace. Je ne sache pas que cette idée, si suggestive soit-elle, ait été émise par von Cyon, et cependant elle aurait bien simplifié sa théorie. Il s'en tient aux ondes sonores, comme au stimulant le plus probable. Le son est la force stimulante, mais, chose curieuse, la sensation qu'il éveille est une sensation d'espace. Les sensations ne correspondent pas à l'agent stimulant, mais à la forme de l'organe stimulé. Il serait intéressant d'appliquer cette conception ingénieuse aux autres organes sensoriels. Par exemple, si les ondes sonores qui stimulent les canaux éveillent une idée d'espace en trois dimensions, les ondes sonores qui stimulent le *cochlea*

1. Pflüger's *Archiv fur die ges. Physiol.*, 1900, LXXIX, 211.

doivent éveiller apparemment l'idée d'un espace en spirale, retourné deux fois et demie sur lui-même. Les faits rapportés par l'auteur pour supporter cette vue s'expliquent mieux par la théorie que les canaux sont stimulés par les mouvements de la tête.

Nous admettons donc l'existence d'un septième sens, un sens spécial de mouvement et de position. Les organes périphériques s'entr'ouvrent dans les ampoules et les canaux semi-circulaires et probablement aussi dans l'*utricule* et le *saccule* et dans le *lagena*, lorsqu'il existe. Il est stimulé par les mouvements rotatifs de la tête et plus exactement, par l'accélération ou le retard apporté à ces mouvements, et aussi probablement par la gravité et les accélérations rectilinéaires. Les fonctions réflexes consistent dans la production des mouvements compensatoires, par lesquels est combattue l'interférence externe entre la position du corps et la tête, et qui semblent nécessaires pour la rectitude et la promptitude des différents mouvements volontaires. Les fonctions conscientes servent à donner des informations en ce qui concerne les mouvements qui les stimulent. Une stimulation excessive éveille la sensation de vertige.

CHAPITRE III

LA PERCEPTION DU MOUVEMENT
APERÇU SUR LA LITTÉRATURE DE LA QUESTION

Nous avons l'intention d'examiner dans ce chapitre les jugements ou les perceptions du mouvement. Par jugement ou perception j'entends la reconnaissance des faits définis et souvent des faits quantitatifs. Nous pouvons percevoir l'étendue d'un mouvement, la direction, la force, la célérité et la durée, la résistance qu'il rencontre et la position des membres en mouvement.

On peut considérer ce chapitre comme une revue générale de la littérature de la perception du mouvement. Il se rapportera tout autant aux méthodes employées et à la fidélité des résultats qu'aux résultats eux-mêmes. Les chapitres suivants exposeront les résultats de façon à en montrer l'importance théorique. Parmi les résultats, il en est quelques-uns, comme ceux sur la loi de Weber, que nous laisserons de côté jusqu'à ce que leur tour arrive dans les discussions générales.

Étendue du mouvement

Les moindres mouvements perceptibles. — Un vaste

travail sur cette matière a été fait par GOLDSCHEIDER[1]. Il a pensé à déterminer la moindre étendue perceptible du mouvement passif et du mouvement actif, aussi bien que le moindre poids perceptible; c'est pourquoi nous l'avons déjà cité toutes les fois que ses expériences ont pû décider quelle est l'origine des différentes sensations du mouvement. Un appareil parfait a été employé pour déterminer le seuil du mouvement passif. Le corps et un des membres étaient maintenus de façon à permettre que le mouvement ne s'effectue qu'à une seule jointure. Pour éviter l'aide possible des sensations tactiles dans la perception du mouvement, le segment qui doit être mis en mouvement est renfermé en une sorte de double gant qui, étant gonflé d'eau, serre tellement la peau, qu'on peut à peine apercevoir la faible augmentation de pression, produite par le mouvement. A ce gant est attaché la machine qui met le bras en mouvement. Dans sa forme la plus simple, cette machine consiste en une corde passant sur une poulie, attachée par une extrémité au gant, et par l'autre à un plateau, contenant les poids nécessaires pour contrebalancer le segment qui doit être mis en mouvement. Des poids additionnels déterminent des mouvements du segment. La rapidité des mouvements dépend de la quantité des poids additionnels; l'étendue dépend de la durée du temps pendant lequel ils furent

1. Untersuchungen über den Muskelsinn. *Archiv für (Anatomie und) Physiologie*, 1889, pp. 369-502; 1889, Suppl. Band, 141-218; *Zeitschrift für klinische medicin*, 1889, XV 81-161; ces travaux se trouvent aussi dans GOLDSCHEIDER'S. *Gesammelte Abhandlungen*, tome 2.

laissés dans le plateau. Cette machine a été perfectionnée et mise à l'abri du bruit et des trépidations à l'aide d'une presse hydraulique. Les mouvements effectués par le membre étaient enregistrés sur un tambour mobile, et l'étendue du mouvement mesurée sur les lignes enregistrées.

Les principaux résultats des recherches de Goldscheider[1] furent les suivants :

1° La moindre rotation perceptible d'une jointure donnée est la même, quelles que soient la direction de la rotation et la position initiale. Chaque jointure a son seuil propre ; il y a certaines exceptions qu'on peut négliger ;

2° Le mouvement régulièrement perceptible varie beaucoup avec la rapidité : plus la rapidité est grande, plus l'étendue perceptible du mouvement est petite ;

3° Les différentes jointures ont une sensibilité inégale pour les mouvements angulaires. Les mesures obtenues se répartissent comme suit :

Extrémité supérieure :

Deuxième jointure interphalangienne.	1,03°-1,44°
Première — — .	0,75 -1,30
Jointure métacarpo-phalangienne. .	0,34 -0,43
Poignet.	0,27 -0,32
Coude.	0,40 -0,76
Épaule.	0,27 -0,48

Extrémité inférieure :

Cheville.	1,20°-1,48°
Genou.	0,50 -0,70
Hanche.	0,50 -0,80

1. *Archiv für Physiologie*, 1889, p. 480 et suiv.

Il faut remarquer que les déterminations du seuil pour chaque jointure offriront une grande portée de variations ; nous pouvons cependant diviser les jointures en plusieurs groupes, nous appuyant sur les différences observées :

Les plus sensibles : le poignet, l'épaule, la métacarpo-phalangienne ;

Les intermédiaires : le coude, la hanche, le genou ;

Les moins sensibles : la cheville, la 1re et la 2e interphalangienne.

Encore moins sensibles, d'après une dernière communication [1], sont les jointures métatarso-phalangiennes, et la jointure interphalangienne du gros orteil.

Pour expliquer l'insensibilité relative des jointures des doigts, Goldscheider rapporte le fait qu'elles exécutent moins fréquemment des mouvements de petite angularité que les grandes jointures, comme le poignet ou l'épaule. Les petites jointures, ayant peu d'occasions d'exécuter de petites rotations, n'y sont pas sensibles. — Cette observation n'explique cependant pas la grande supériorité de la jointure métacarpo-phalangienne sur les interphalangiennes.

L'infériorité de la hanche à l'épaule et de la cheville au poignet prouve que la sensibilité d'une jointure n'est pas déterminée seulement par sa dimension et par l'aire de la surface articulaire exposée à la friction. Une jointure diffère probablement de l'autre, de même que deux portions de peau diffèrent, en ce qui concerne la somme des nerfs sensoriels.

1. Goldscheider. *Ein Bewegungsmesser. Berlin. klin. Wochenschrift*, 1890, p. 322.

Pour les besoins cliniques, Goldscheider a imaginé un petit instrument portatif qui mesure le seuil des mouvements passifs[1]. Un châssis léger, qu'on peut fixer au-dessous du bras (ce membre est toujours maintenu horizontalement) se déroule dans un arc gradué; à côté de cet arc se trouve un pendule, tournant sur un pivot qui se trouve à la partie supérieure du châssis. Si l'on imprime au bras un léger mouvement, le pendule, se tenant à sa position verticale, rend possible la lecture de la grandeur angulaire du mouvement sur l'arc gradué.

Goldscheider est d'avis que l'examen clinique lui-même profitera de ces expériences et qu'il ne faut pas se contenter simplement de la découverte des erreurs grossières dans la perception du mouvement. Il cite un cas de *tabes*, présentant tous les symptômes moteurs, mais dépourvu d'erreurs grossières dans la perception du mouvement. Aussitôt après avoir mesuré le seuil du mouvement passif, il a remarqué une imperfection, car le seuil était quatre à sept fois plus grand que la normale[2].

Le moindre mouvement actif perceptible[3] a été étudié par Goldscheider de la même façon, quoique pas avec les mêmes détails. Le bras étant maintenu et balancé comme plus haut, il a fait de très légers mouvements volontaires et a fait attention aux sensations produites. Il a trouvé que les mouvements

1. Goldscheider. *Ein Bewegungsmesser* (Voir note précédente).

2. Goldscheider. *Berliner klin. Wochenschrift*, 1890, p. 1053.

3. *Archiv für Physiologie*, 1889, sup. Bd., p. 206 et suiv.

volontaires peuvent être si légers qu'on ne puisse même les percevoir. Quelques-uns ne donnaient point du tout de sensation, tandis que d'autres produisaient une sensation qui n'était pas précisément une sensation de mouvement. Cette sensation douteuse était parfois éprouvée lorsqu'il n'y avait point de mouvement ; au contraire, la sensation claire de mouvement n'était jamais éprouvée, à moins qu'il y ait de mouvement réel.

Les seuils pour les mouvements actifs, ainsi que pour les passifs, montrent une grande portée de variation. Quoique la moyenne soit un peu plus faible que les seuils des mouvements passifs des mêmes jointures, elles y occupent cependant le même rang. Les déterminations ne montrent pas d'une façon certaine si la sensation du mouvement actif est plus fine que celle du mouvement passif ; certainement elle n'est pas beaucoup plus fine.

Lorsque le mouvement était effectué à la première jointure interphalangienne, le seuil des *poids* soulevés était de 8 grammes[1]. La faradisation de la jointure faisait atteindre le seuil à une hauteur remarquable, à 40 grammes lorsque le courant était faible et à 75 grammes s'il était fort.

L'effet de l'anesthésie faradique sur le seuil dans les mouvements passifs a beaucoup été étudié par Goldscheider, et nous en avons employé les résultats dans les chapitres précédents. L'anesthésie de la peau a peu d'effet, mais l'anesthésie de la jointure fait beaucoup augmenter le seuil.

1. *Archiv für Physiologie*, 1889, sup. Bd., p. 148 et suiv.

L'appareil et le procédé expérimental de Goldscheider sont excellents ; mais d'un autre côté il nous faut rappeler que ses déterminations ont été faites d'après la méthode du seuil, qui n'est pas toujours exacte. Il a obtenu différents résultats dans différentes expériences et n'a pas usé de méthode rigide des moyennes, en les combinant. De plus, les résultats de Goldscheider ont été obtenus sur une seule personne, qui est lui-même : ils demandent confirmation.

La perception de différence dans l'étendue du mouvement. — En dehors du travail de Goldscheider, presque toutes les expériences sur l'étendue du mouvement ont considéré le mouvement rectilinéaire des extrémités des membres. Külpe a élevé des objections contre ce procédé[1]. Les éléments dont nos mouvements se composent sont des rotations autour des jointures, d'une mesure angulaire ou circulaire. Külpe rejette presque toutes les expériences déjà faites, comme incapables d'apporter une lumière sur les propriétés élémentaires du mouvement.

La force de son objection est plus apparente que réelle. Nos mouvements habituels sont souvent plutôt linéaires que circulaires. En effet, parmi les mouvements ordinaires des adultes, parmi les mouvements instinctifs des enfants, il y en a peu qui consistent en une rotation autour d'une seule jointure. Par rapport à la coordination du mouvement, ainsi qu'au mécanisme nerveux qui le produit, la rotation autour d'une seule jointure est une chose beaucoup plus

1. *Grundriss der Psychologie*, 1893, p. 354.

compliquée que les mouvements presque rectilinéaires du talon pendant la marche, ou que les mouvements en spirale des bouts des doigts lorsqu'on serre le poing. Il est plus simple de replier les doigts sur trois jointures que sur une seule. Il est plus simple de balancer la jambe dans la marche que de la balancer sans tendre le genou. Pour exécuter une rotation sur une seule jointure, il faut empêcher volontairement la rotation des autres jointures. Quelques expériences m'ont démontré que la rotation sur une seule jointure est sujette à plus d'inexactitude et d'irrégularité qu'un mouvement rectiligne de la même partie du corps. Nous ne pouvons pas dire que l'étude psychologique du mouvement doive commencer par les rotations simples, et nous ne pouvons pas, ainsi que l'a fait Külpe, laisser de côté tous les résultats obtenus avec les mouvements rectilignes.

L'appareil employé pour l'étude de l'étendue du mouvement volontaire est excessivement simple ; on a surtout étudié les mouvements de la main et du bras. Parfois le doigt se meut simplement le long d'une échelle graduée, pendant qu'une autre personne lit les erreurs. Ou bien, une minuscule charrette, qui se meut par une légère friction sur une voie, sert à supporter le doigt.

Dans l'appareil de Münsterberg[1] cette voie est attachée sur un support lourd et peut être arrangée à la hauteur voulue et former un angle quelconque avec l'horizontale. Pour maintenir la charrette sur la

1. Décrit par Delabarre. Ueber Bewegungsempfindungen. *Inaug.-Dissert.* Freibourg, i. B., 1891.

voie, on ajoute une roue extra, qui roule à la partie inférieure d'un rail extra. Lorsqu'on place la voie dans une position quelconque, la charrette est contrebalancée par un poids attaché à une corde, enroulée sur une poulie à l'une des extrémités de la voie. A l'aide de cette corde et de la poulie, la charrette peut être chargée d'un poids, et la résistance peut être opposée au mouvement.

Cremer[1] guide la main à l'aide d'une corde bien tendue, ou d'un ruban maintenu entre le pouce et l'index. L'objection à faire à ce système, c'est que, nécessairement, les sensations dermales augmentent par la friction, qui sera donc un élément perturbateur. Le procédé idéal serait de faire mouvoir la main librement dans l'air, sans contact aucun avec le moindre corps solide ; mais il serait difficile, dans ce cas, de mesurer l'étendue du mouvement. Cette condition est cependant remplie jusqu'à un certain point par l'appareil de Bloch[2], qui consiste en une surface droite, réglée en carrés. La main se meut dans l'air à partir d'un point fixe, jusqu'à ce qu'elle arrive à la surface réglée, qui en note la position. Cet appareil est destiné plutôt à l'étude de la perception de la position qu'à celle du mouvement.

Il est à souhaiter que dans quelques expériences, les mêmes mouvements soient répétés plusieurs fois, à de petits intervalles, ce qui est possible dans

1. Max Cremer. Ueber das Schätzen von Distanzen bei Bewegung von Arm und Hand. *Inaug.-Dissert.* Würzburg, 1887..

2. A.-M. Bloch. *Revue scientifique*, 1890, XLV, 294-301.

certaines *méthodes graphiques*. Une façon très simple d'enregistrer des mouvements courts est de garder un crayon entre les doigts et de tracer des lignes sur un papier, qui serait entraîné par un tambour en rotation, et les lignes tracées seraient en angles droits avec la direction de rotation. Ce système est surtout applicable à l'étude de la fatigue de la perception[1].

Les principaux problèmes auxquels on se soit attachés dans l'étude de la perception de l'étendue du mouvement, sont : d'abord l'exactitude de la perception, dans les conditions les plus simples possibles, et secondement l'influence sur la perception de la variété et de la complexité des conditions.

L'exactitude, dans les plus simples conditions, a été plus particulièrement étudiée par Falk et par Fullerton et Cattell.

Falk[2], travaillant dans le laboratoire de Krápelin, a fixé horizontalement l'avant-bras à une légère charrette à quatre roues, se mouvant sur une voie horizontale. L'avant-bras était, soit poussé en avant, soit ramené en arrière, et la perception de ces mouvements était étudiée par les méthodes de « l'erreur moyenne » et des « cas exacts et inexacts ».

Dans les expériences de Falk, comme dans toutes celles que nous allons envisager, la perception visuelle était exclue ; seules les « sensations résidentes » formaient la base du jugement. Il semble qu'on

1. R.-S. Woodworth. The Accurary of Voluntary Movement. *Psychological Review*. Monograph Supplement nº 13, 1899.

2. Max Falk. Versuche über die Raumschätzung mit Hülfe von Armbewegungen. *Inaug.-Dissert*. Dorpat, 1890.

puisse se fier aux expériences de Falk ; le seul reproche que je leur adresse, c'est de n'avoir été faites que sur lui.

Il a trouvé que la perception du mouvement est très aiguë. Les erreurs variables sont en moyenne de 1/11 à 1/57 pour toute l'étendue du mouvement. Les mouvements les plus longs accusent relativement les plus petites erreurs. La direction du mouvement influe sur l'exactitude, les mouvements en avant étant mieux perçus que ceux en arrière. Mais la vitesse ou la force, ou la durée du mouvement, ou la position dans laquelle on l'a exécuté, ne semblent avoir aucun effet sur l'exactitude de la perception.

En essayant de répéter un mouvement court (1-5^{cm}) Falk a trouvé qu'il l'exagérait le plus souvent ; mais en répétant un mouvement long (20^{cm}), il le faisait trop court. Une longueur intermédiaire (environ 10^{cm}) ne donnait pas ces « erreurs constantes » dans n'importe quelle direction.

Les travaux les plus complets et les plus dignes de foi sur la perception du mouvement ont été faits par Fullerton et Cattell qui ont agité les mêmes problèmes[1] sur l'étendue, le temps et la force du mouvement, aussi bien que sur la perception des poids soulevés. Leur procédé a été exact, ils ont répété chaque expérience plusieurs fois sur un même sujet, et ils ont obtenu des résultats concordants sur plusieurs.

1. On the Perception of Small Differences, with Special Reference to the Extent, Force and Time of Movement. *University of Pennsylvania. Philosophical Series*, n° 2, 1892.

Nous aurons souvent l'occasion de citer leurs travaux, nous limitant pour le moment à ce qui s'en rapporte à la perception de l'étendue.

Ils ont fait des expériences sur un mouvement latéral du bras, qui entraînait le doigt le long d'une échelle horizontale. Dans l'une des expériences, le doigt reposait directement sur l'échelle, dans une autre il était supporté par une petite charrette à quatre roues roulant sur une voie. A l'aide d'un métronome on gardait à chaque mouvement la même durée.

Fullerton et Cattell ont trouvé que des quatre « méthodes de mesures psychophysiques » qu'ils ont employées, la méthode de la moyenne des erreurs était la plus utile. Les résultats obtenus par les différentes méthodes concordaient.

Leurs expériences ont surtout été dirigées à déterminer les erreurs constantes et variables.

« Erreur de temps » constante, c'est-à-dire l'erreur du second de deux mouvements, comparé au premier — était positif, lorsque le mouvement était court ; il diminuait si le mouvement augmentait en longueur, pour changer complètement en une erreur négative par les mouvements longs ; ou en langage moins technique, lorsqu'une personne essayait de répéter un mouvement court, elle le faisait trop long, et vice-versa, ce qui concorde avec les résultats de Falk. Tous les sujets de Fullerton et Cattell ont montré la même tendance, à des degrés différents ; ce qui différait surtout de l'un à l'autre, c'était le point de transition dans lequel l'erreur changeait du positif au négatif ; même variété pour différentes séries d'expériences sur le même sujet. Chez

une personne le point de transition se trouvait entre 500 et 700 millimètres dans une expérience, et entre 300 et 500 dans une expérience peu différente. Chez une autre personne, il se trouvait au-dessus de 700 millimètres.

L'erreur constante, et de même l'erreur variable étaient souvent moindres lorsque le mouvement était de 700 millimètres, que lorsqu'il était de 500. Enfin, le plus long de ces deux mouvements était fait avec plus d'exactitude que le plus court. Ce résultat, si contraire à la loi de Weber et à toutes nos attentes, peut s'expliquer par la puissante sensation d'effort qu'on éprouve beaucoup lorsque le coude est étendu dans le mouvement de 700 millimètres. Les mouvements courts n'ont pas de signe sensoriel aussi vif, pour en marquer le point final. Nous voyons donc quelles complications entourent les conditions de la perception du mouvement. Si l'on change l'étendue ou la force ou la position du mouvement, de nouveaux muscles entrent en jeu et de nouvelles qualités de sensation naissent de la peau, des jointures et des tendons ; il y a même lieu de s'étonner que la perception du mouvement se conforme après tout à quelque formule exacte.

L'exactitude de la perception a été très inégale chez différentes personnes, et avec des étendues de mouvement différentes. L'erreur variable était de 1/6 — 1/77 de la longueur du mouvement. En général, elle augmentait avec l'étendue du mouvement, mais plutôt faiblement. Elle ne concordait pas avec la loi de Weber, mais plutôt avec la formule d'alternative proposée par les auteurs, et selon laquelle

l'erreur de la perception augmente comme la *racine carrée* de l'amplitude perçue. Nous en reparlerons dans le chapitre qui a trait à la loi de Weber.

En ce qui concerne l'exactitude, la perception musculaire de l'étendue du mouvement est presque pareille à la perception des poids soulevés et très supérieure à la perception tactile du poids ou de l'étendue.

La perception musculaire de l'étendue est toutefois moins exacte que la perception visuelle de l'étendue. Cela a été prouvé directement par Jastrow[1]. Et Bowditch et Southard[2] ont démontré que la position est aussi perçue plus exactement par la vue que par le sens musculaire. Leur méthode consistait à localiser d'abord un point en le fixant, ou en fermant les yeux et en plaçant le doigt sur ce point, et d'essayer ensuite de retrouver ce point en dirigeant le doigt de ce côté, les yeux étant fermés. Le point était retrouvé beaucoup plus exactement lorsqu'il avait d'abord été localisé par la vue. En employant cette même méthode, Kramer et Moskiewicz[3] ont trouvé que la perception musculaire de la position peut arriver à être plus exacte qu'au début et qu'elle est plus exacte dans l'espace familier où l'on tient la main pour écrire que dans l'espace en avant ou de côté.

Les travaux déjà cités comprennent presque tout ce qui a été essayé sur le problème élémentaire de

1. J. Jastrow. The Perception of Space by Disparate Senses. *Mind.*, 1886, XI, 539-554.

2. A Comparison of Sight and Touch. *Journal of Physiology*, 1881, III, 232-245.

3. *Zeitschrift für Psychologie*, etc., 1901, XXV, 101-125.

l'exactitude dans la perception de l'étendue du mouvement. Le but a été de déterminer l'exactitude dans les conditions les plus uniformes possibles. Les auteurs que nous citerons bientôt ont volontairement placé dans des conditions dissemblables les deux mouvements qu'ils avaient à comparer, afin de voir quelles erreurs sont introduites par ce moyen. Le résultat a été, en général, que ces conditions augmentent la difficulté et par conséquent la variabilité de la perception, et introduisent, en outre, des tendances définies à la sur- ou sous-appréciation de l'un des mouvements.

La dissemblance des conditions consistait, soit à faire les mouvements avec différentes mains, soit dans différentes positions ou directions, soit avec différents efforts de contraction musculaire.

On sait communément que l'on peut avec facilité exécuter simultanément des mouvements correspondants avec la main droite et avec la gauche. Nous devons à peine faire un certain effort pour qu'ils correspondent à peu près ; si nous remuons la main droite dans l'air, en traçant une figure quelconque, nous ne devons consacrer d'attention à la main gauche que simplement pour qu'elle se meuve, car elle tracera d'elle-même la figure symétrique correspondante. C'est un rapport de plus entre l'innervation des muscles correspondants des deux côtés du corps.

Münsterberg[1] a prouvé qu'il y avait une autre re-

1. *Beiträge zur experimentellen Psychologie*, 1892, IV, 192-211.

lation entre les mouvements des deux côtés : lorsqu'un bras se balance en avant, l'autre doit naturellement se balancer, non pas en avant, mais en arrière ; il y a aussi d'autres cas dans lesquels les mouvements symétriques des deux côtés doivent naturellement alterner l'un avec l'autre. Il n'en est pas moins vrai qu'il est facile d'exécuter des mouvements simultanés correspondants des deux côtés.

Ostermann[1] a trouvé que cette facilité apparaît seulement dans les mouvements *bilatéraux* symétriques. Si l'on essayait de faire des mouvements simultanés, symétriques par rapport à un plan horizontal, cet essai tournerait à l'inexactitude et à la confusion. L'essai n'a pas été « naturel » et a été exécuté sans confiance, tandis que les mouvements symétriques bilatéraux sont exécutés avec facilité et confiance, et certains touchent à l'exactitude.

Bloch a découvert que pour que les mouvements symétriques soient exécutés avec facilité et justesse, il faut que les deux bras se meuvent en même temps[2]. Si l'on a remué un bras vers un certain point, de l'effort qu'on fera pour placer l'autre bras dans un point correspondant, il ne résultera qu'un mouvement inexact. Plus longtemps une main est immobile en une position, plus il sera difficile d'amener l'autre main dans la position correspondante. Le sens de la position dépend apparemment en grande partie de la sensation du mouvement dans cette position.

1. H. Ostermann. Die Symmetrie im Fühlraum der Hand. *Inaug.-Dissert.* Würzburg, 1888.
2. A.-M. Bloch. *Revue scientifique*, 1890, XLV, 294-301.

Les mouvements de direction et d'étendue symétriques peuvent être exécutés, selon Bloch, aussi bien lorsque la force musculaire déployée par les deux bras est inégale, que lorsqu'elle est identique. Par exemple si un bras est mis en mouvement par une autre personne, l'autre bras peut parfaitement exécuter le mouvement correspondant. Ou, si l'un des mouvements éprouve plus de résistance que l'autre, la symétrie n'est pas détruite.

Sur ce dernier point les auteurs ne sont pas d'accord. Quelques-uns ont trouvé qu'une différence dans la force musculaire de deux mouvements, ne doit point amener d'inégalité dans l'étendue ; d'autres soutiennent le contraire. Les différences individuelles, ou du moins les différences dans le procédé, semblent avoir une grande influence.

Nous avons vu qu'il est facile d'obtenir des mouvements correspondants des deux bras, pourvu que ces mouvements soient simultanés. Mais il reste à savoir si la symétrie est complète, ou si le mouvement de l'un des bras ne tend pas à dépasser celui de l'autre. La question se réduit donc à celle d'une *asymétrie bilatérale* du mouvement.

Hall et Hartwell[1] ont les premiers examiné cette question, et même ils ont été parmi les premiers auteurs qui aient accordé de l'attention à la perception de l'étendue du mouvement. Ils ont fait des expériences sur deux droitiers et deux gauchers. Les mouvements qu'ils ont étudiés étaient des mouvements

1. G. Stanley Hall and E.-M. Hartwell. Bilateral Asymmetry of Function. *Mind.*, 1884, IX, 93-109.

latéraux des bras, avec point de départ sur un plan médian ; les doigts reposaient sur une échelle horizontale, sur laquelle on mesurait l'étendue.

Ils ont trouvé que la symétrie des mouvements bilatéraux n'était pas parfaite. Les droitiers remuent le bras droit plus loin que le gauche, et les gauchers, le bras gauche plus loin que le droit. C'était donc une asymétrie définie, quoique pas très prononcée.

Mais cette asymétrie apparaît à peine, à moins que les bras ne soient mis *simultanément* en mouvement. Si un intervalle d'une seconde ou de quatre secondes intervient, l'erreur constante de l'asymétrie bilatérale en est diminuée, ou même annulée.

Nous avons donc ici une loi simple et définie, en ce qui concerne l'asymétrie bilatérale du mouvement. Lorsque les bras remuent simultanément en des directions symétriques, le bras préféré tend à aller le plus loin ; ce qui cesse d'être vrai lorsque les mouvements ne sont pas simultanés. Par rapport à la perception, le mouvement du bras préféré est sous-apprécié, en comparaison avec l'autre.

Malheureusement cette loi si simple ne s'accorde pas avec les résultats d'autres écrivains.

Ainsi Cremer[1] a fait des expériences sur 26 personnes et 5 à peine n'ont pas montré d'inégalité dans les mouvements des deux bras. Cette inégalité était parfois très marquée. Les mouvements les plus longs n'étaient cependant pas toujours effectués par le bras préféré ; en effet, beaucoup de droitiers exécutaient les mouvements les plus longs avec le bras gauche.

1. J. Loeb. *Pflüger's Archiv.*, 1887, XLI, 114.

Ce fait détruit la simplicité de la loi obtenue par les résultats de Hall et Hartwell.

Dans le but de faire d'autres lois générales, qui s'accordent avec les résultats de Cremer, Loeb, dans le laboratoire duquel ces résultats avaient été obtenus, propose ce qui suit : En général, lorsqu'un droitier essaie de faire des mouvements symétriquement égaux avec les deux bras, il fait les mouvements du bras gauche les plus longs; mais ceux qui sont habitués à beaucoup de travail manuel font les plus longs mouvements de la main droite. En d'autres mots, ils sous-apprécient le mouvement du bras préféré, et les autres le sur-apprécient.

Cette loi de Loeb ne peut être considérée comme très sérieuse, le nombre de cas qu'il a eus à sa disposition, ainsi que la distinction qu'il fait entre les ouvriers, habitués au travail manuel, et les autres personnes, ne suffisant pas à garantir une loi fixe et générale.

Nous pouvons dire plutôt que la majorité des personnes ont l'habitude de sur-apprécier le mouvement de l'un des bras, mais que ce soit celui du bras préféré ou non, cela semble plutôt une affaire d'habitude ou de particularité individuelle.

En ce qui concerne l'autre partie de la loi de Hall et Hartwell, Cremer et Loeb l'adoptent. L'asymétrie bilatérale n'apparaît que lorsque les mouvements sont simultanés. Si l'un des bras exécute le mouvement un peu plus tard que l'autre, le premier ou le second mouvement est en excès, quel que soit le bras qui a fait le premier mouvement. Certaines personnes font le premier mouvement le plus long,

d'autres, le second. L'erreur habituelle d'asymétrie bilatérale disparaît, et une « erreur de temps » habituelle en prend la place [1].

Le fait que l'on constate toujours différentes erreurs constantes, les mouvements bilatéraux soient-ils simultanés ou successifs, semble à Loeb une preuve de l'existence des « sensations d'innervation ». « Les sensations périphériques de deux mouvements, dit-il, doivent être les mêmes, soit qu'elles aient lieu en même temps, soit l'une après l'autre. » Nous pouvons ajouter que le processus moteur périphérique doit aussi être le même dans les deux cas, de sorte que la différence doit provenir du processus central. Mais le processus central n'implique pas seulement l'innervation des muscles, mais aussi la réception des impulsions sensorielles éveillées par les mouvements ; et les conditions de réception ne sont pas les mêmes pour les mouvements successifs et pour les mouvements simultanés.

Lorsqu'on perçoit des mouvements simultanés, il y a une division de l'attention, ce qui n'arrive pas lorsque les mouvements se succèdent. Et l'attention peut être divisée *inégalement* entre deux mouvements simultanés. Si le mouvement de la main gauche, par exemple, est accompli avec plus d'attention que celui de la droite, les sensations en produiront un effet plus conscient, et ce mouvement tendra à être sur-apprécié dans l'étendue. Si une personne a l'habitude de prêter plus d'attention à sa main gauche, elle en sur-appréciera les mouvements. Mais si les mouve-

1. Loeb. *Op. cit.*, p. 120, 123.

ments se suivent, on n'a plus l'occasion de prêter une attention inégale, donc pas d'occasion pour surapprécier les mouvements d'une des mains, et par conséquent il n'y a plus d'occasion pour remarquer l'asymétrie bilatérale. Nous n'avons donc pas besoin de ressusciter les sensations d'innervation pour nous rendre compte de l'asymétrie bilatérale du mouvement : la division inégale de l'attention semble appropriée à ce cas.

Voilà l'explication essentielle de Delabarre. Il suscite d'ailleurs un autre facteur dans la production de l'asymétrie bilatérale du mouvement. L'emploi plus fréquent d'une main peut en rendre les mouvements plus rapides et plus faciles, dans lequel cas ils seront sous-appréciés.

Cette différence dans la célérité de deux mouvements, ainsi que l'ont remarqué plusieurs auteurs, de même que les différences entre l'attention qui leur est accordée, donnent lieu à des différences apparentes dans leur étendue, et donc, à des erreurs constantes. Le plus rapide des deux mouvements tend à dépasser en étendue le plus lent, ainsi que Camerer [1] l'a d'abord remarqué, et ensuite Loeb et Delabarre. Et une attention soutenue accordée à un mouvement a pour effet de le rendre plus lent qu'il ne serait sans cela et d'en diminuer l'étendue, ce qui a aussi été observé par Loeb et par Delabarre.

D'autres faits, cités tout d'abord par Loeb, ont depuis suscité de nombreuses discussions. Lorsque

1. Cité par Vierordt, dans *Der Zeitsinn*, 1868, p. 48.

deux mouvements sont exécutés par le même bras, ils montrent des tendances à l'inégalité, pourvu qu'ils soient faits dans des positions et des directions différentes. Non seulement la comparaison sera difficile, on trouvera encore des erreurs constantes ; un des deux mouvements sera sur-apprécié, en comparaison avec l'autre.

Les premières expériences de Loeb là-dessus ont été faites avec des mouvements simultanés des deux bras, mais on peut les faire avec des mouvements successifs d'un seul bras. Ces expériences n'ont rien à voir avec l'asymétrie bilatérale. Voici les faits relevés par Loeb[1] : Lorsqu'une personne exécute vers le haut des mouvements des deux bras, le bras partant de plus bas que l'autre fera le mouvement le plus long, quoique le sujet ait eu l'intention de faire les deux mouvements égaux. De même, de deux mouvements exécutés vers le bas, celui qui partira du point le plus élevé sera le plus long ; de deux mouvements dirigés de côté, celui qui commencera d'un point éloigné de ce côté sera le plus long.

On peut combiner ces faits en une seule situation. Nous emploierons l'expression « *écart total* du bras » pour désigner le mouvement complet d'un bras dans une direction donnée. Nous pouvons combiner les déclarations de Loeb ainsi qu'il suit. Si l'on essaie d'exécuter des mouvements égaux dans différentes positions de l'écart total du bras, le mouvement qui est plus près du début de l'écart, dépasse le mouvement le plus rapproché de la fin de l'écart. La der-

1. Loeb. *Pflüger's Archiv*, 1890, XLVI, 1-46.

nière portion de l'écart est sur-appréciée par rapport aux autres.

Nous trouvons que ce qui précède n'est pas entièrement conforme à tous les faits connus, mais rend bien cependant les faits exposés par Loeb.

Loeb lui-même préfère généraliser, par rapport à la contraction musculaire. Il dit : De deux mouvements exécutés par la contraction des *mêmes muscles*, celui-là sera le plus grand au début duquel les muscles sont le moins contractés. Ou bien, plus les muscles sont contractés au début du mouvement, plus ils tendent à exécuter un mouvement court. Il explique ces faits en disant que moins un muscle est contracté, plus l'irritabilité en est grande, et plus il répond fortement à une innervation. L'intention d'exécuter des mouvements égaux donne naissance à des courants d'innervation égaux ; mais la condition inégale des muscles les fait répondre par des sommes inégales de contraction. Cependant les mouvements paraissent égaux, parce qu'ils sont perçus à l'aide de courants égaux d'innervation. Les faits observés sont ainsi une confirmation apparente de l'existence des sensations d'innervation.

La généralisation de Loeb par rapport à la contraction musculaire est sujette à critique, car les différentes portions d'un écart total du bras ne sont pas exécutées absolument par les mêmes muscles. Si le bras, pendant d'abord de côté, s'élève ensuite à la plus grande hauteur possible, les muscles qui terminent ce mouvement ne sont pas entièrement les mêmes que ceux qui l'ont commencé. Par exemple, la paralysie du muscle deltoïdal, tout en permettant au

malade d'élever son bras latéralement jusqu'à la position horizontale, l'empêche de l'élever plus loin. Les faits ne peuvent donc pas être exprimés en termes de degré de contraction musculaire.

Nous devons ajouter encore que la généralisation, en quelques termes que ce soit, est trop vaste. Les mouvements au début d'un écart, ne tendent pas toujours à excéder ceux que l'on exécute encore pendant l'écart. Les exceptions sont si importantes, qu'elles modifient les résultats de Loeb.

C'est Delabarre qui a observé la première exception[1]. L'erreur décrite par Loeb n'apparaît que lorsque les deux mouvements sont exécutés dans des parties *bien distinctes* de l'écart du bras ; ou lorsque les mouvements eux-mêmes ont une très grande étendue. Les mouvements courts montrent l'inégalité contraire : faits près de la fin de l'écart, ils *excèdent* ceux qui sont faits près du début.

La cause de cette sorte d'erreur constante, Delabarre la recherche dans l'*aisance* différente des différentes portions de l'écart. Une partie peut être plus libre et plus à son aise et donner moins de sensations qu'une autre portion égale ; la portion qui donne moins de sensations est sous-appréciée, et donc est faite plus longue. Cette explication est certainement plus probable que celle de Loeb, qui semble croire que les sensations d'innervation sont accompagnées par une anesthésie périphérique.

Une autre exception à la généralisation a été obser-

1. E.-B. Delabarre. Ueber Bewegungsempfindungen. *Inaug.-Dissert.* Freiburg i. B., 1891, p. 99.

vée par l'auteur[1]. Les mouvements les plus longs ne sont pas, comme le prétend Loeb ceux du commencement de l'écart, mais ceux *du milieu.*

Par exemple, dans une expérience, une personne tenant un crayon à la main, inscrit sur un tableau noir vertical les mouvements de son bras. Elle accomplit l'écart total de son bras droit, en avançant de gauche à droite, et en faisant le mouvement en plusieurs portions successives qu'elle a l'intention de faire égales. En réalité elles ne sont pas égales ; les deux premières portions de gauche sont les plus courtes, celles du milieu les plus grandes, et celles de droite sont courtes aussi.

Les moyennes des mesures pour chaque portion, en commençant à gauche sont les suivantes :

	1	2	3	4	5
1re personne :	163mm	190	203	196	184
2e personne :	156	177	177	167	

On obtient les mêmes résultats lorsque les mouvements ont été limités à la flexion ou à l'extension d'une seule jointure, comme le coude : les lignes les plus longues sont celles du milieu de l'écart.

Nous devons par conséquent modifier la généralisation de Loeb et constater que les mouvements du milieu de l'écart excèdent ceux des deux extrémités.

La portion du milieu de l'écart est celle dont on

1. R.-S. Woodworth. The Accuracy of Voluntary Movement. *Psychological Review*, Monograph Supplement, n° 13, 1899, p. 78, 79.

se sert le plus souvent. Nous soumettons rarement un membre à une extension ou à une flexion complète. Les mouvements du milieu de l'écart sont par cela même plus aisés et plus libres et produisent moins de sensations par unité d'étendue que les mouvements des autres positions. C'est dans ces faits, ainsi que l'a remarqué Delabarre, qu'on trouve l'explication la plus probable de l'erreur constante observée.

La même explication est applicable à différentes erreurs du même genre, produite lorsque les deux mouvements sont exécutés dans des directions différentes, etc., malgré l'effort que l'on fait pour les rendre égaux.

Si, par exemple, la jambe essaye de reproduire le mouvement du bras, elle le fait trop long. Or la jambe fait ordinairement des mouvements plus longs que les bras, et ses mouvements sont plus libres et produisent moins de sensation.

Si, ensuite, on trace une ligne sur une surface horizontale du côté du corps, et une autre de gauche à droite, on trouvera probablement que la dernière est la plus longue. Si l'on examine les sensations qui proviennent de ces mouvements, on trouvera probablement que le mouvement de gauche à droite est plus libre que l'autre. La différence de liberté est probablement la cause de la différence d'étendue, car l'inégalité disparaît souvent si l'on fait attention pour exécuter les deux mouvements, soit avec une motion également libre et glissante, soit avec une motion également contrainte et prudente.

Nous pouvons résumer toute cette discussion sur

les erreurs constantes causées par les différences de position et de direction, en une loi qui est que lorsqu'un mouvement est plus libre et plus aisé que l'autre et produit ainsi moins de sensation, il est sous-apprécié par rapport à cet autre et tend à être plus prolongé. Et nous devons citer les conclusions de Delabarre à ce sujet — conclusions basées sur une variété de résultats expérimentaux et dont nous n'avons cité qu'une partie.

Les conclusions de Delabarre sont :

1. On perçoit les mouvements comme égaux, lorsque les sensations qu'ils produisent semblent égales. Il n'est pas nécessaire que toutes ces sensations prennent naissance dans le membre en mouvement, mais tant qu'on ne connaît pas si elles proviennent d'autre part, elles rentrent dans le complexe de sensations sur lequel est basé le jugement.

2. Toute chose qui augmente la somme de sensations produites par un mouvement, augmente aussi l'étendue apparente du mouvement. C'est ici que se rapportent les effets de la fatigue, de la lenteur et de l'attention qui font paraître un mouvement plus long qu'il ne paraîtrait autrement.

3. Mais si *la cause* de la sensation augmentée est reconnue par le sujet, il connaîtra aussi que cette cause est propre à le tromper, et il en fera la correction. Dans ce cas, le jugement sur le mouvement ne repose pas complètement sur les sensations produites par le mouvement.

La petitesse des différentes erreurs constantes que nous venons de mentionner est plutôt un peu surprenante. Le pouvoir d'exécuter un mouvement

d'étendue approximativement égale à une autre n'est pas perdu entièrement lorsque les conditions auxquelles ces deux mouvements sont soumis sont très différentes. Le jugement sur l'étendue ne dépend qu'en moindre partie de la direction, de la position, de la force, de la rapidité ou toute autre condition du mouvement.

L'exemple le plus frappant de cette habilité à reproduire l'étendue d'un mouvement, dans des conditions différentes a été découvert par Münsterberg[1]. Il est parti de ce fait qu'un objet, comme un crayon, nous apparaît de la même grandeur s'il est à un mètre ou à un quart de mètre de nos yeux. Il voulut voir quelle correction pareille pouvait être faite, quant à la distance, lorsqu'un mouvement est effectué par les doigts. Il essaye de reproduire l'étendue d'une ligne vue, fixée à une distance constante des yeux, par les mouvements des extrémités des doigts, fait soit avec le bras complètement tendu, soit avec le bras replié de façon à ramener les doigts devant la poitrine. Les yeux étaient fermés pendant le mouvement des doigts. Le résultat était que ces mouvements avaient presque la même étendue, qu'ils fussent faits avec le bras tendu ou replié. Il n'apparaissait point de tendance définie à une erreur constante. Nous apprécierons la signification de ce résultat, lorsque nous remarquerons que la rotation angulaire de la jointure de l'épaule, nécessaire pour conduire les doigts sur une distance linéaire donnée, est de 3 ou

1. Münsterberg. Grössenschätzung, dans ses *Beiträge zur experimentellen Psychologie*, 1892, IV, 178-191.

4 fois plus grande lorsque le bras est replié devant la poitrine que lorsqu'il est complètement tendu. Il est évident que nous ne comparons pas les sommes du mouvement linéaire, seulement à l'aide des rotations de la jointure, mais nous faisons des corrections pour les différentes positions de l'avant-bras.

Tous les mouvements ne sont pas perçus avec la même exactitude ; ceux du bras gauche le sont moins exactement que ceux du bras droit ; les mouvements du pied sont moins exacts que les autres. Les mouvements du bras en avant sont moins exacts que les mouvements en arrière. Les mouvements dirigés vers le bas sont spécialement inexacts[1].

Plusieurs auteurs, dont les œuvres se rapportent plutôt à l'étude de l'émotion qu'à celle du mouvement, ont prouvé que des conditions psychologiques centrales, comme les états émotionnels, sont capables de produire des erreurs constantes dans le mouvement. Comme préliminaire à l'étude des effets des émotions sur les mouvements, Münsterberg[2] apprit à faire de mémoire des mouvements du bras en le tendant et en le pliant, d'une étendue de 10 à 20 centimètres. Il essaya ensuite d'exécuter ces mêmes mouvements pendant différents états émotionnels. Il a trouvé que les émotions vives et excitantes, tendent à exagérer l'étendue de tous ces mouvements tandis que les émotions sérieuses et déprimantes ont la tendance

1. Voir surtout Delabarre, ainsi que Falk et Woodworth, *opera citata.*

2. Münsterberg. Lust und Unlust, in *Beiträge*, 1892, IV, 216-238.

contraire. Le plaisir et les désagréments ont des actions opposées : le plaisir augmente les mouvements d'extension et diminue les mouvements flexionnels ; les désagréments, tout le contraire. Ces expériences n'ont été faites que sur un seul sujet. En essayant de confirmer les effets du plaisir et de la peine sur différentes personnes et par différentes méthodes, Dearborn[3] n'a obtenu que de maigres succès. Cependant les mouvements *involontaires* prouvent plus clairement que l'effet des sensations agréables est d'augmenter l'extension ; et celui des sensations désagréables d'augmenter la flexion.

Les faits établis par ces études de la perception de l'étendue du mouvement sont :

Cette forme de perception est plutôt exacte, plus exacte que les sens tactiles, mais moins exacte que la perception visuelle de l'espace.

Mais cette forme de perception est sujette à différentes erreurs constantes ou à des illusions. Les mouvements d'un bras sont ordinairement sur- ou sous-appréciés, lorsqu'on les compare avec les mouvements simultanés de l'autre bras. Les mouvements contraints sont sur-appréciés, en comparaison avec les mouvements libres, les mouvements lents en comparaison avec les rapides, et les mouvements auxquels on prête une grande attention en comparaison de ceux pour lesquels on est moins attentif. Le second de deux mouvements courts est sous-apprécié en comparaison du premier, tandis que le second de deux

3. The Emotion of Joy. *Psychological Review*. Monograph Supplement, nº 9, 1899, p. 47 et suiv.

mouvements longs est sur-apprécié. Les émotions produisent encore d'autres altérations dans la perception.

Le temps du mouvement

Les travaux publiés sur l'exactitude de la perception du temps du mouvement sont moins nombreux que ceux qu'on a publiés sur l'étendue, quoiqu'il y ait une littérature assez vaste sur le sujet général de la perception du temps.

Fullerton et Cattell[1] ont néanmoins fait des expériences directes sur la perception du temps employé par un mouvement. Ils ont employé un appareil qui, avec l'aide d'un chronoscope Hipp, mesure la durée du mouvement du bras. Le bras se mouvait horizontalement le long d'un cadre pourvu de deux clés à circuit. L'une était une clé à ressort, que l'on maintenait ouverte, en la pressant avec la main jusqu'au commencement du mouvement, lorsqu'elle fermait et déclenchait l'indicateur du chronoscope. A une distance de 50 centimètres de la première clé se trouvait une barre mince, qui, étant repoussée de côté par le bras en mouvement, ouvrait le circuit, et arrêtait l'indicateur du chronoscope.

Ils employèrent la méthode de l'erreur moyenne. Le sujet se familiarisait avec l'unité de la durée — 1 seconde, une demi ou un quart de seconde —

1. Fullerton et Cattell. On the Perception of Small Distances, p. 103-115.

par des essais préliminaires ; un mouvement était ensuite exécuté pendant environ l'unité de durée, et puis un second mouvement ayant surtout pour but de doubler le premier. Le mouvement le plus rapide possible sur la distance de 50 centimètres était aussi considéré comme unité, et il était d'environ 1/8 de seconde.

Ils ont trouvé que le temps du mouvement était perçu moins exactement que l'étendue ou la force. L'erreur commise était due en partie à l'imperfection du contrôle moteur, et surtout à l'inexactitude de la perception même.

Il est intéressant de rapporter par quelle méthode les auteurs sont arrivés à séparer les erreurs de la perception de celles du contrôle moteur. Après chaque épreuve, ils demandaient au sujet de juger, ou tout au moins de deviner, si le second mouvement qu'il avait essayé d'exécuter de même durée que le premier, avait eu une durée plus grande ou plus petite ; lorsque le sujet ne faisait que deviner, il tomberait juste une fois sur deux, ce qui veut dire que l'inexactitude de l'acte entier doit être mise au compte de l'inexactitude de la perception. Si, au contraire, toutes les réponses étaient justes, aucune des inexactitudes ne serait le fait de la perception, mais toutes les erreurs seraient d'origine motrice. En réalité, la proportion des réponses justes dépassait de beaucoup la moitié, ce qui veut dire qu'*une partie* des erreurs était d'origine motrice, et l'autre d'origine perceptive. Un examen mathématique, basé sur la théorie des cas exacts et inexacts, prouve que la plus grande part d'erreurs doit être attribuée à la perception.

On a trouvé que l'erreur moyenne dans la reproduction de la durée était presque proportionnelle au mouvement-type reproduit ; la durée du mouvement se rapproche davantage de la loi de Weber que l'étendue ou la force.

L'erreur constante du temps était négative dans la reproduction des durées de 1/8 de seconde ; elle était presque nulle à un quart de seconde, positive à une demi-seconde, et encore plus positive à 1 seconde. Les mouvements rapides sont reproduits trop rapidement, et les mouvements lents trop lentement.

Parmi les expériences sur le « sens du temps » faites au moyen des mouvements de la main, il y en a qui sont certainement des expériences sur la perception du mouvement. Celles de Stevens[1] ont relevé les mêmes erreurs constantes que nous venons de citer. L'expérience consistait à frapper avec les doigts en même temps qu'un métronome, et à continuer à frapper dans la même cadence, après que le métronome s'est arrêté. Il a trouvé que les mouvements rapides étaient accélérés, et les lents ralentis. En d'autres mots, les intervalles courts donnaient une erreur de temps négative, et des intervalles longs, une positive ; le « point d'indifférence » variait, selon les différents individus, entre 0,5-0,9 de seconde ; le plus long intervalle employé dans l'expérience était de 1,5 seconde.

Ce changement de l'erreur du temps du négatif au positif, tandis que l'amplitude du mouvement augmente, est une chose unique, car même dans la per-

1. L.-T. Stevens. *Mind*, 1886, XI, 393-404.

ception du temps, ce changement n'apparaît pas, si le temps est marqué par des sons au lieu de l'être par des mouvements.

La force du mouvement

Si nous faisons abstraction de la partie qui se rapporte aux poids soulevés, la littérature sur ce point se borne au travail de Fullerton et Cattell [1]. Trouvant que le dynamomètre clinique ordinaire n'est pas à employer pour des expériences précises, ils ont construit un dynamomètre à tirer, plus facile à graduer et plus uniformément saisi. Un ressort en spirale, renfermé dans un cylindre en métal, était tendu au moyen d'une baguette qui glissait comme un piston dans le cylindre et était pourvue en outre d'une barre transversale servant de manche. Le mouvement consistait en tirant horizontalement avec le bras droit.

Les efforts initiaux employés étaient de 2, 4, 8 et 12 kilogrammes.

La perception de la force était plus exacte que celle du temps, mais moins exacte que celle de l'étendue. L'erreur moyenne augmentait avec l'augmentation de l'effort, mais pas autant que ce dernier ; elle dévie grandement des conditions requises par la loi de Weber. On a trouvé que l'erreur commise en essayant de reproduire la force du mouvement était en partie d'origine motrice et en plus grande partie

1. *Op. cit.*, p. 65-102.

d'origine perceptive. L'erreur due au manque de contrôle moteur était presque moitié aussi grande que l'erreur de la perception.

L'erreur de temps était positive pour les efforts faibles et négative pour les plus forts ; c'est la moyenne du résultat obtenu sur cinq personnes. Tous les individus montraient la même tendance à diminuer l'erreur de temps positive, lorsque l'effort augmentait, mais deux des sujets ne changeraient pas à une erreur négative dans les limites de la force employée. Le point de transition pour ces deux individus était au-dessus de 16 kilogrammes ; pour deux autres entre 2 et 4 kilogrammes, et pour le cinquième entre 8 et 16 kilogrammes.

Les personnes qui voudraient expliquer l'erreur négative des grands efforts comme un effet de la fatigue, pourront se rapporter au fait cité à la table de la page 84 du travail des auteurs. Ils ont toujours fait deux séries de dix expériences chacune, la seconde série immédiatement après l'autre, avec très peu de repos entre. Si la fatigue survenue en tirant le dynamomètre était la cause de l'erreur négative du temps, la seconde des deux séries devait montrer une erreur négative plus prononcée que la première série ; mais rien de pareil n'est prouvé par la moyenne des résultats ; il y a même une légère tendance dans la direction opposée.

La perception des poids soulevés

Depuis Weber, la perception de la pesanteur a

donné lieu à de nombreuses expériences psychologiques. Les cliniciens se sont aussi servis du soulèvement des poids, comme un moyen de contrôler le « sens musculaire » de leurs patients et ont contribué ainsi aux méthodes et aux résultats de ce sujet. Mais les méthodes employées pour l'examen clinique n'ont pas toujours l'exactitude exigée par les psychologues.

Les méthodes employées sont deux en principe : parfois les poids ont été simplement placés ou pris à la main et soulevés de la façon ordinairement employée dans la vie ; d'autres fois les poids ont été placés sur des leviers, attachés au bras ou à la main, ou à la jambe. Dans ce cas, le mouvement de la main pour soulever les poids, peut être exécuté de haut en bas.

Dans les expériences originelles de Weber[1], les poids étaient placés sur un carré de drap, dont les angles étaient réunis et saisis entre les doigts. Weber croyait que de cette façon le sens de la pression purement tactile était exclu de l'effet sur le jugement. On pouvait aussi varier la sensation de la pression, indépendamment du poids, en saisissant le drap avec plus ou moins de fermeté. Weber a conclu de ses expériences que les poids étaient discernés avec autant de finesse par le sens musculaire tout seul que par le sens musculaire, *plus* le sens tactile.

Les différences étaient le mieux perçues, lorsque les deux poids étaient soulevés successivement par la même main ; ensuite, lorsqu'un seul poids était

1. E. H. Weber, dans le *Handwörterbuch der Physiologie* de Wagner, 1846, III, 2, p. 544 et suiv.

soulevé par chaque main, mais toujours successivement ; et le moins bien lorsqu'ils étaient soulevés simultanément par les deux mains.

De légères différences pouvaient encore être perçues lorsque l'intervalle entre les deux expériences était de 10 ou 15 secondes, et les différences un peu plus grandes étaient perçues lorsque l'intervalle excédait une minute.

Parmi 10 personnes, 7 distinguaient 78 grammes de 80 ; d'ou Weber infère que 1/40 est une différence perceptible pour la plupart des individus normaux. Une différence de 1/30 était difficilement perçue par le sens tactile ; le sens musculaire de la pesanteur est donc plus vif que le tactile.

Une erreur constante particulière a été remarquée dans ce fait que des objets en métal froid semblaient plus lourds que les mêmes chauffés.

L'appareil de Weber a été employé par Hering et ses élèves Biedermann et Löwit[1] pour expérimenter la loi de Weber, et a aussi été employé dans différents examens cliniques.

Fechner[2] a fait sur lui-même un grand nombre d'expériences ; pendant plusieurs années, il s'est exercé chaque jour à soulever des poids. Tous ses travaux n'ont pas été publiés. Son but était de mettre à l'essai la loi de Weber et la fondation empirique de la « méthode des cas exacts et inexacts »

1. E. Hering. *Sitzungsberichte der Wiener Academie der Wissenschaften. Math.-Naturw. Klasse*, 3 Abth., 1875, LXXII, 342.

2. *Elemente der Psychophysik*, 2e édit., 1889, p. 93 et suiv.

par laquelle les expériences étaient faites. Il a étudié aussi d'autres questions se rapportant à la perception de la pesanteur et nous les mentionnerons en temps et lieu.

Son appareil consistait en deux cadres, exactement pareils, dans lesquels étaient insérés les poids. Chaque cadre était composé de quatre piliers en cuivre, placés sur une base ; on plaçait des poids carrés entre les piliers, en quantité suffisante, pour qu'avec les poids du cadre on obtienne le poids fondamental désiré pour le commencement de l'expérience. De légers poids additionnels étaient ensuite placés dans le couvercle de l'un des cadres, et il s'agissait de faire une distinction entre les poids des deux cadres, l'un qui avait de légers poids additionnels et l'autre qui n'avait que le poids fondamental. Chaque cadre était pourvu d'un manche horizontal, pouvant tourner sur son propre axe, permettant ainsi de soulever facilement le poids.

L'une des découvertes de Fechner fut « l'erreur de temps » comme il l'a appelée. Lorsque les deux poids soulevés étaient bien lourds, le second tendait à paraître plus lourd que le premier, même s'il était un peu plus léger. Cette tendance n'apparaissait pas si les poids étaient légers. Dans la nomenclature de Fechner, l'erreur de temps devenait de plus en plus négative (ce qui signifie que le premier poids soulevé était de plus en plus sous-apprécié, en comparaison du second), lorsque le poids initial était augmenté[1].

1. Fechner. *Elemente der Psychophysik*, I, 115 *f.*, et II, 124.

La rapidité du mouvement, en soulevant le poids, influe sur l'erreur de temps. Lorsque les mouvements sont très lents, il est spécialement facile de sous-apprécier le premier poids[1].

En outre l'exactitude générale de la perception était influencée par la rapidité avec laquelle on soulevait le poids. Les grandes différences dans la pesanteur s'élevant à la fraction 0,08 étaient plus facilement perçues en soulevant le poids vivement, tandis que les petites différences, 0,04, l'étaient mieux, en soulevant le poids lentement[2].

La fatigue musculaire a de l'effet sur l'erreur de temps ; elle tendait à faire paraître le second poids plus lourd que le premier. Mais, chose étrange, l'exactitude générale de la perception était augmentée par la fatigue musculaire ; lorsque les muscles sont fatigués, on perçoit des différences moindres que lorsqu'ils ne le sont pas, avantage qui semble dû à l'allure plus accélérée du pouls produite par l'exercice musculaire. La circulation plus active produite par l'exercice rend le cerveau capable d'appréciations plus fines, ce qui semble être corroboré par des expériences sur les jugements exacts, dans lesquelles les battements du pouls ont été enregistrés : lorsque le pouls était élevé, la proportion des jugements exacts était plus grande que lorsque le pouls était faible[3].

L'appareil employé par Fechner a été donné au laboratoire de Göttingen et perfectionné par l'ad-

1. Fechner. *Op. cit.*, p. 306.
2. Fechner. *Revision*, p. 364.
3. Fechner. *Psychophysik*, 2e éd., I, 313.

dition de plusieurs cadres nouveaux à pesanteur, et a servi dans une série de recherches faites par Müller et par ses élèves, Schumann, Martin et Steffens[1].

Les principales contributions de cette école à l'étude de la perception de la pesanteur se rapportent surtout à la découverte de nouveaux facteurs et de complications dans le processus du jugement.

Le premier facteur découvert a un caractère moteur. Une personne qui a soulevé à plusieurs reprises des poids lourds, passant soudainement à des poids légers, trouve ces derniers de beaucoup plus légers qu'ils ne sont en réalité et les soulève avec une rapidité qui l'étonne elle-même[2]. L'impulsion motrice puissante qui a été éveillée dans le système nerveux en soulevant des poids lourds persiste encore un certain temps après qu'on leur a substitué des poids légers. Cet exemple de la loi de l'habitude est appelée par les auteurs *Einstellung* motrice, ce qui veut dire que les organes moteurs ont été *ajustés* pour une certaine forme d'activité. Ce processus moteur devient intéressant pour l'étude de la perception, car on a trouvé qu'il influence le poids apparent des objets soulevés.

Une habitude plus complexe du même genre est

1. Müller und Schumann. Ueber die psychologischen Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte. Pflüger's *Archiv*, 1889, XLV, 37-112.

Martin und Müller. *Zur Analyse der Unterschiedsempfindlichkeit*. Leipzig, J.-A. Barth, 1899.

Laura Steffens. Ueber die motorische Einstellung. *Zeitschrift für Psychologie*, etc., 1900, XXIII, 240-308.

2. Müller et Schumann. *Op. cit.*, p. 37.

produite lorsqu'on soulève alternativement, et toujours dans le même ordre, une paire de poids, dont l'un est beaucoup plus lourd que l'autre. Les mouvements alternés sont alors ajustés aux poids et l'alternance rythmique des poids lourds et légers se transforme en une habitude presque inconsciente. Si alors on substitue au poids lourd un second poids léger, la tendance à faire un plus grand effort en soulevant le second poids persiste quelque temps ; le second poids est soulevé avec plus de force et plus rapidement que le premier et donne l'impression d'être le plus léger.

Par exemple[1], une personne se crée l'habitude de faire des efforts alternés, en soulevant 30 fois un poids de 676 grammes de la main droite et un autre de 2 476 grammes de la main gauche. Après cela, des poids de 826-926 grammes sont substitués au poids lourd et le sujet les trouve aussi et même plus légers que le poids de 676 grammes.

Cela prouve que les habitudes motrices peuvent être la source d'erreurs constantes dans la perception et que les poids soulevés avec vigueur peuvent être sous-appréciés.

Pour expérimenter directement les effets *moteurs* qui résultent du soulèvement alternatif des poids légers et lourds, on a imaginé un appareil qui, à l'aide du chronoscope Hipp, puisse mesurer la rapidité de la première partie du mouvement[2]. Le poids reposait sur une planche, au-dessous de laquelle il y

1. Müller et Schumann. *Op. cit.*, p. 44.
2. Steffens, p. 274 et suiv.

avait un ressort se déclenchant de bas en haut. Aussi longtemps que le poids poussait sur la planche, le contact électrique d'en dessous était fermé ; au moment où le poids était saisi pour être soulevé, la planche le suivant, brisait le contact et mettait en mouvement l'aiguille du chronoscope. Mais après s'être élevée de quelques millimètres, la planche faisait un autre contact et arrêtait l'aiguille. Ainsi la rapidité et la durée des premiers millimètres du soulèvement étaient mesurées. On a trouvé de la sorte que la rapidité avec laquelle on soulève le second poids tend à excéder la rapidité avec laquelle on soulève le premier, après qu'on s'est exercé à soulever des poids lourds à la suite de poids légers.

Ces effets ne sont cependant pas certains et invariables. Parfois l'effet produit est tout le contraire de celui qu'on attendait[1]. Les conditions les plus favorables pour le développement d'une *Einstellung* bien caractérisée étaient : de s'exercer avec deux poids qui diffèrent beaucoup l'un de l'autre et de soulever le poids lourd après le léger ; de soulever les deux poids avec la même célérité et jusqu'à la même hauteur ; de soulever avec un mouvement bref et non pas en tâtonnant ; et enfin, pour que le résultat soit plus frappant, d'employer les deux mains en soulevant le poids léger d'une main et le lourd de l'autre. En effet, une seule main pourrait prendre l'habitude de faire un effort faible après un effort puissant, pourvu que les deux mouvements soient faits successivement,

1. Müller et Schumann, p. 50. — Steffens, p. 290 et suiv.

comme si c'était un seul acte et séparé par un intervalle de la paire suivante de mouvements[1].

Si l'habitude prise par un bras peut avoir de l'effet sur les mouvements de l'autre bras est une question à laquelle Müller et Schumann répondent par l'affirmative et Steffens par la négative[2].

Pour produire ces habitudes, il ne faut pas une longue pratique et, une fois produites, elles ne sont que temporaires ; elles perdent rapidement en force, dans les premières quelques minutes après que la pratique a cessé, et ensuite plus lentement. On en observe les effets même après un laps de temps de vingt-quatre heures[3].

On peut contrecarrer cette habitude, ainsi que les effets sur la perception, en imprimant au sujet l'habitude contraire, ou même en lui faisant soulever des poids égaux. Cependant la première habitude n'est parfois contrecarrée que temporairement par la seconde et réapparaît lorsque les expériences sont reprises après un certain repos. L'habitude contractée en dernier lieu disparaît avant la première contractée. On peut à peine admettre cette formule comme une loi générale jusqu'à un certain point ; car si une telle loi existe, elle est entièrement cachée dans beaucoup d'expériences[4].

Ces faits sont en rapport plus direct avec la pro-

1. Müller et Schumann. *Op. cit.*, p. 49 et suiv.
2. Müller et Schumann. *Op. cit.*, p. 45. — Steffens. *Op. cit.*, p. 244 et suiv.
3. Steffens. *Op. cit.*, p. 265 et suiv.
4. Steffens. *Op. cit.*, p. 270 et suiv.

duction qu'avec la perception du mouvement. Le fait, cependant, que des impulsions motrices inégales peuvent être transmises par le cerveau, tandis que la conscience les croit égales, est une preuve de la non-existence d'un sens exact de l'innervation. Et le fait qu'un poids semble plus léger lorsqu'il est soulevé d'un mouvement violent et rapide que lorsqu'il est soulevé d'un mouvement lent a fait inférer à Müller et Schumann que la célérité avec laquelle les poids sont soulevés, et de semblables signes de leur inertie, sont la base sur laquelle ils sont comparés.

Un autre facteur dans la comparaison des poids a été découvert par Martin et Müller[1]. L'introspection a souvent prouvé que les deux poids n'étaient pas réellement comparés, mais que l'un d'entre eux semble très léger ou très lourd, selon le cas, et il est aussitôt considéré comme plus léger ou plus lourd que l'autre. Le jugement peut être formé lorsqu'un seul des deux poids a été soulevé. Dans ces sortes d'expériences, l'inclination à juger de cette façon est encore augmentée par une longue expérience. L'impression de légèreté et de lourdeur est rendue possible par la répétition fréquente des expériences dans lesquelles les mêmes poids sont soulevés. On s'habitue à une moyenne du poids, on sent un poids simplement comme lourd ou léger, quand il diffère beaucoup de la moyenne. Ou bien, ainsi que cette théorie a été émise par ses auteurs, en soulevant à plusieurs reprises des poids presque égaux, l'on acquiert une force de soulèvement presque constante et l'on sent comme

1. *Op. cit.*, p. 44 et suiv.

léger un poids qu'on soulève facilement et comme lourd celui qu'on soulève difficilement.

On a fait usage de ces impressions de lourdeur ou de légèreté pour la compréhension d'un autre fait, observé par les mêmes auteurs, c'est-à-dire que les jugements sont plus exacts et les fautes moins nombreuses lorsque le premier poids d'une paire, prise pour comparaison, est l'unité fixée, que lorsqu'il est un des poids variables. L'ordre : l'unité suivie par le poids variable est plus favorable à une perception exacte que l'ordre : poids variable suivi par l'unité. L'explication des auteurs consiste en trois points : 1° l'impression de légèreté ou de lourdeur est ordinairement juste et aide ainsi à la comparaison ; 2° l'impression est plus souvent éveillée par les poids variables que par les poids pris comme unité ; 3° cette impression aura plus d'effet lorsqu'elle sera éveillée par le second poids soulevé, car alors elle sera plus claire dans la conscience au moment où on prononce son jugement. Donc, l'impression sera d'un plus grand secours lorsque le poids variable suit le poids pris comme unité que lorsqu'il le précède.

Ce qui précède est un exemple de la façon de raisonner des auteurs ; c'est subtil, indirect et suggestif plutôt que convaincant. Le troisième point de leur argumentation est une pure supposition, ne concordant pas avec leur propre observation, que l'impression de légèreté ou de lourdeur produite par le second poids est introspectivement moins intéressante que celle du premier poids. On pourrait faire d'autres suppositions encore, mais, ce qui est nécessaire, c'est une expérience directe et probante.

Un autre facteur dans l'appréciation des poids était ce que les auteurs ont nommé le « type »[1]. Ils ont distingué deux classes ou types de personnes, un type qui apprécie mieux les poids variables qui dépassent le poids pris comme unité, et l'autre type, celui qui apprécie mieux les poids variables moins lourds que l'unité. Cette seconde classe se compose de personnes musclées et autres, qui soulèvent les poids avec énergie, la première classe se compose de personnes faibles. La raison peut en être que la force donne souvent l'impression de la légèreté et la faiblesse l'impression de la lourdeur. Souvent la fatigue transforme des gens forts en faibles et la pratique transforme souvent des faibles en forts.

Ces auteurs ont trouvé que l'erreur de temps, ainsi que l'avait dit Fechner, était positive, excepté lorsque l'unité de poids était plutôt grande. Ils expliquent ce qui précède en termes de motion : un poids lourd peut causer une fatigue musculaire, de façon que le second mouvement, fait pour soulever, soit plus faible que le premier, dans lequel cas le second poids semblera trop lourd, en rapport avec le premier (erreur de temps négative) ; mais un poids léger peut agir en sens contraire, en stimulant les muscles et les centres nerveux, alors le second mouvement sera plus fort que le premier et le second poids semblera relativement trop léger. Les essais faits pour rendre l'erreur de temps négative à l'aide de la fatigue musculaire ont eu peu de succès[2].

1. Martin et Müller, p. 39, 54.
2. Müller et Schumann. *Op. cit.*, p. 96 ; Martin et Müller. *Op. cit.*, p. 120.

Ces auteurs n'ont point fait d'expériences sur la loi de Weber, mais ils l'ont regardée comme une conséquence de leur théorie sur la perception des poids soulevés[1]. Si donc la loi de Weber n'a rien à voir dans ce champ — et d'après tous les résultats empiriques cela est ainsi — la déduire de cette théorie est une évidence de plus à l'encontre de cette théorie.

Les effets de la pratique sur la perception des poids sont intéressants[2] :

1° Elle peut rendre une personne plus vigoureuse en soulevant des poids et cette personne sera donc plus apte à recevoir des impressions de légèreté et moins apte à recevoir celles de lourdeur ;

2° La pratique peut rendre une personne plus susceptible à ces impressions et plus encline à baser ses jugements là-dessus, plutôt que sur une comparaison véritable.

3° Elle peut la rendre plus uniforme dans sa façon de soulever les poids et dans l'effort y consacré et par conséquent plus uniforme et plus exacte dans ses jugements ;

4° Elle peut la rendre ou bien plus précautionneuse, ou bien plus confiante à accepter une différence donnée de sensation comme une indication de la différence vraie des poids.

Ces auteurs ont tiré de leurs expériences d'autres conclusions, intéressantes et suggestives, mais auxquelles nous ne pouvons pas encore croire, vu la faible base expérimentale sur laquelles elles reposent. Une

1. Müller et Schumann. *Op. cit.*, p. 107 et suiv.
2. Martin et Müller. *Op. cit.*, p. 128.

particularité de cette école est d'être plus fertile en idées qu'en expériences. Beaucoup d'hypothèses ingénieuses, qui auraient pu être soumises à des testes ou à l'expérience analytique, ne reposent que sur un raisonnement statistique. Et le matériel statistique dont elles dépendent est souvent maigre. Cependant lorsqu'il y a des expériences faites, elles le sont avec soin et la statistique excellente, mais elle n'est pas assez complète. Les chances de variabilité ne sont pas prises en considération ; les conclusions sont tirées de différences statistiques faibles et l'on n'essaie jamais, ainsi que l'exige la théorie des probabilités, d'apprécier les limites de l'erreur des moyennes obtenues et des conclusions qui en dérivent. Au lieu que les résultats contraires à la conclusion principale soient autorisés par leur propre poids statistique, ils sont expliqués par des hypothèses auxiliaires. Armés de trois ou quatre influences hypothétiques, dont les unes tendent à affecter le résultat dans une direction et les autres dans une autre, ils sont certes en état d'expliquer toutes les déviations à ce qu'ils condidèrent comme le résultat type. Cette école est donc plutôt une école d'hypothèses qu'une école de faits ; il y en a cependant quelques-uns d'établis qui sont : le fait de l'*Einstellung* et de ses effets dans la production des erreurs constantes de la perception ; les impressions de légèreté ou de lourdeur comme une base fréquente de jugement ; et l'influence de l'ordre des poids, l'un pris comme unité et l'autre variable, sur l'exactitude de la comparaison.

Le principe de l'appareil pour la pesanteur de

Fechner a été employé par d'autres investigateurs, aussi bien pour des démonstrations de laboratoire que pour des examens cliniques. On a supprimé les poignées employées par Fechner. De même, au lieu de pourvoir peu de châssis de la facilité de changer de fardeau, on a préparé séparément autant de poids fixes qu'on en désirait employer. La chose essentielle, c'est d'avoir une collection de poids que la main puisse facilement saisir et qui soient exactement pareils en apparence. Une autre précaution nécessaire et que l'on ne prend pas toujours, c'est que le centre de gravité ait la même position dans chacun des poids, de façon à ce que tous aient la même position lorsqu'on les suspend ou qu'on les soulève avec la main. On peut obtenir de très bons poids en remplissant partiellement de petites boîtes cylindriques plates avec un mélange de plomb et de parafine fondue. En faisant couler ce mélange dans la boîte, la parafine sert à maintenir le plomb en position ; la boîte d'un autre côté étant plate, il est impossible que le centre de gravité varie beaucoup dans la direction verticale.

Un appareil plus soigneusement construit est celui de Fullerton et Cattell[1] ; des boîtes cylindriques en bois, de 6 centimètres de diamètre et de 3 centimètres de hauteur, étaient remplies de poids très exacts ; on avait soin de placer chaque poids bien au centre de la boîte. On couvrait les boîtes qu'on rendait identiques comme aspect extérieur.

Dans les expériences rapportées par Fullerton et Cattell, ils n'employaient qu'une seule unité de

1. *On the Perception of Small Differences*, p. 116-133.

poids de 100 grammes, à laquelle on comparait des poids de 104, 108, 112 et 116 grammes. Il s'agissait de savoir si le nombre des erreurs diminuerait lorsque la différence entre les poids augmenterait, comme l'exige la théorie de la variation de la chance et comme le décrit la courbe des probabilités. Les données empiriques s'accordent avec la courbe des probabilités, résultat qui fortifie encore la théorie de « la méthode des cas exacts et inexacts » et fait admettre en même temps que les erreurs dans la perception sont dues à la variabilité du processus nerveux.

Les neuf personnes sur lesquelles ont été faites les expériences ont montré une force inégale de discernement. Celle des psychologues soumis à l'expérience a été plus exacte que celle des personnes qui n'étaient pas habituées à de pareilles expériences, ce qui semble prouver que les différences entre les individus reposent moins dans la finesse de la sensation que dans l'adaptation aux conditions expérimentales. Cependant les personnes inexpérimentées ne montraient qu'une amélioration faible pendant la marche des séries d'expériences.

On a trouvé que l'erreur de temps était négative même pour les poids légers employés. Quoique ce résultat soit contraire à celui que la plupart des expérimentateurs avaient trouvé, il ne s'en est pas moins manifesté chez sept personnes sur les neuf soumises à l'expérience.

La façon de soulever les poids adoptée dans ces expériences s'éloignait un peu de la façon habituelle : au lieu de les soulever verticalement jusqu'à une hauteur donnée, la main les transportait horizontale-

ment de gauche à droite, sur une distance d'environ 4 centimètres, ne les soulevant que très peu de sur la table. Le mouvement horizontal était accompli avec plus d'uniformité que le soulèvement vertical.

D'autres façons de soulever les poids, qu'on a essayées dans de courtes séries d'expériences, ont influencé de différentes façons sur l'exactitude de la perception. Ainsi, en saisissant le poids de près et bien serré, on doublait par cela l'erreur de perception, cette façon de saisir le poids émoussant les sensations tactiles et les sensations des jointures et des tendons produites par l'inertie du poids.

Si, d'un autre côté, on soulevait seulement le poids sans le baisser ensuite, ou si on le baissait sans l'avoir d'abord soulevé, il serait moins exactement perçu.

Lorsqu'un poids était soulevé de la main droite et l'autre de la main gauche, ils étaient comparés moins exactement que lorsqu'ils étaient soulevés tous deux de la même main.

L'observation suivante est en apparence contraire à la théorie de Müller-Schumann : une personne soulève des poids verticalement, mais sans qu'on ait limité d'avance jusqu'à quelle hauteur et sans que l'attention du sujet ait été appelée sur la hauteur ou la rapidité de son mouvement ; cependant, une autre personne marquait les hauteurs, que l'on comparait ensuite avec les jugements faits là-dessus. Conformément à la théorie dont il s'agit, le sujet aurait dû lever avec plus de célérité et probablement à une plus grande hauteur les poids qu'il jugeait plus légers que l'unité de poids, plutôt que ceux qu'il jugeait plus

lourds ; mais en réalité la hauteur moyenne était la même pour les deux classes de jugement.

D'ailleurs, l'exactitude de la comparaison n'était pas troublée si le sujet soulevait volontairement un poids avec plus de rapidité qu'un autre, quoique cela doive lui rendre impossible la comparaison des poids par la comparaison des rapidités.

L'œuvre de Merkel[1] a eu surtout en vue la question de la loi de Weber, mais elle nous intéresse ici, à cause de la nouveauté de son appareil. Pour éviter que le bras ne se soulève avec les poids, il a fait supporter ces derniers par un levier et les a soulevés par une pression des doigts de haut en bas, exercée de l'autre côté du point d'appui. Il a employé en même temps deux balances identiques ; sur l'une d'entre elles, le poids demeurait au point fixé et donnait ainsi l'unité constante, tandis que dans l'autre les légères différences de poids étaient fournies en faisant glisser le poids le long du bras du levier. Le mouvement du levier, et partant du doigt, était limité par des barres transversales placées au-dessous et au-dessus du levier. Chose assez curieuse, Merkel soutient que de très petits mouvements des doigts (4-6^{mm}) excluent le « sens musculaire » et limitent le jugement sur le poids à la sensation tactile de la pression. Mais un mouvement des doigts de 4-6 millimètres est parfaitement sensible, et cette distance donne assez la chance que les sensations de tension de la jointure ou du tendon se développent.

1. J. Merkel. Die Abhangigkeit zwischen Reiz und Empfindung. Wundt's *Philosophische Studien*, 1889, V, 253-291.

Merkel a trouvé que le discernement le plus fin sur les poids était assuré, si l'on soulevait les deux poids avec le même doigt, et que même s'ils étaient soulevés avec des doigts différents, on en juge mieux s'ils sont soulevés l'un après l'autre que s'ils le sont simultanément.

Il a trouvé que la perception était plus fine lorsque la surface pressée par les doigts est plus étroite.

La résistance offerte par les ressorts est comparée plus exactement que la résistance offerte par les poids.

Un appareil semblable en principe à celui de Merkel a été employé par Jacobi[1], mais tandis que le levier de Merkel était court et mis en mouvement par un seul doigt, celui de Jacobi avait un mètre de longueur et il était mu par tout le bras ; en outre, le levier de Jacobi était sur pivot à une extrémité, de sorte que le bras, en soulevant les poids, faisait un mouvement vers le haut.

Le but de l'œuvre de Jacobi était d'abord d'assurer une mesure de la force normale de discernement, afin de pouvoir la comparer avec tous les affaiblissements du sens musculaire, qui peuvent survenir. Il a trouvé que la différence la moins perceptible n'était pas la même chez tous les individus normaux et qu'on ne peut l'exprimer par une fraction fixe du poids entier, de la façon exigée par la loi de Weber. Nous reparlerons de ce résultat, en parlant de cette loi.

1. C. Jacobi. Untersuchungen über den Muskelsinn. *Archiv für exp. Pathol. und Pharmakol.*, 1893, XXXII, 49-100.

Un effet important du contraste a été trouvé par Jacobi. Le discernement est relativement aigu, après une pratique acquise en comparant des poids légers, et il est émoussé, lorsqu'on a comparé des poids lourds. Ce qui semble être une adaptation de l'acte perceptif à différentes conditions de sensations, pareille à l'adaptation de l'œil à un éclairage fort ou faible. En comparant des poids légers, les mouvements du bras ou les processus centraux de l'attention deviennent plus affinés et découvrent ainsi de légères différences ; cette finesse peut persister pendant quelque temps, après qu'on a passé des poids légers aux poids plus lourds. Mais comme on soulève les poids lourds avec moins de délicatesse, cette même façon moins raffinée persistera pendant un certain temps, lorsqu'on passe des poids lourds aux poids légers.

La partie la plus originale du travail de Jacobi consiste dans l'emploi d'un appareil d'enregistrement électro-magnétique, qui lui a permis d'enregistrer sur un tambour en rotation le moment auquel le poids commence à s'élever. Il a voulu voir par ce moyen si le plus lourd des deux poids n'exigeait pas plus de temps pour être mis en mouvement, et si ce délai n'était pas la base d'après laquelle on le jugeait le plus lourd. Il souleva un poids de la main droite et l'autre de la main gauche. Lorsque les deux poids étaient égaux, ils commençaient à s'élever presque au même instant — la différence était de 0,02 à 0,12 de seconde, sans que la moyenne favorise la main gauche ou la droite. Si l'un des poids était plus lourd que l'autre, il employait ordinairement plus de temps à s'élever. Lorsque la différence de temps était moins

de 0,08 de seconde, les poids semblaient égaux, et ils paraissaient souvent égaux, même lorsque la différence de temps se trouvait entre 0,08 et 0,12 de seconde ; mais si elle dépassait 0,12 de seconde, le poids qui s'élevait le dernier paraîtrait toujours le plus lourd. Parfois même, un de deux poids égaux, étant inconsciemment soulevé avec moins de force que l'autre, mettait plus de temps à se mettre en mouvement ; dans ce cas, le poids qui se mettait le dernier en mouvement, quoique égal à l'autre, semblait être plus lourd.

Jacobi conclut que la comparaison des poids consiste en comparer le temps nécessaire, pour en vaincre l'inertie. Soit que nous soulevions les deux poids avec la même force et que nous jugions de leur poids relatif par le temps qu'ils ont mis relativement pour s'élever, soit, au cas où nous conjecturons à l'avance que l'un des poids est plus lourd, que nous soulevions volontairement ce poids-là avec plus de force, et notre conjecture sera vérifiée si les deux poids mettent approximativement le même temps à s'élever.

Mais n'acceptons pas complètement ces idées, car elles s'appuient sur trop peu d'expériences. Il s'agit de savoir s'il n'y a point d'exceptions à la règle de Jacobi ; comme il y a toujours des exceptions à toute règle psychologique et biologique, il s'agit de savoir si elles sont nombreuses. Enfin, il s'agit de savoir si la corrélation entre le temps et le jugement est bien étroite, ce que l'on ne peut établir qu'en disposant de statistiques nombreuses.

Une autre forme d'appareil a été employée par

Wreschner[1], dans l'étude de la perception de la pesanteur. Les poids sont placés dans une sorte de terrine et suspendus à l'aide d'une corde, qui passant au-dessus des poulies, était attachée autour du poignet de l'une des mains. Le mouvement pour soulever le poids consistait en une flexion de l'avant-bras vers la partie supérieure du bras ; au début du mouvement, l'avant-bras était déjà fléchi d'un angle droit vers la partie supérieure et dirigé obliquement en avant et en haut ; dans l'action de soulever, l'avant-bras se mouvait d'environ 20° vers le haut.

L'avantage de cet appareil est que le mouvement étant confiné à la rotation autour d'une seule jointure, les conditions physiologiques sont simplifiées ; mais personne n'a encore prouvé par des épreuves comparatives si cet avantage en est réellement un.

Wreschner a employé la méthode des cas exacts et inexacts, mais au lieu de faire usage d'un seul ou de deux poids secondaires, pour les comparer à l'unité de poids, il en a employé 24, ce qui a rendu très difficile la confection de la statistique de ses résultats, et elle est en effet très imparfaite.

L'erreur de temps, d'après Wreschner, est une affaire très complexe. Elle dépend, d'abord, de l'importance des poids, et elle est positive pour de petits poids, et négative pour des poids qui dépassent 1 200 grammes. Elle dépend aussi de l'importance de la

1. A. Wreschner. Methodologische Beiträge zur psychophysischen Messungen auf experimenteller Grundlage. *Schriften der Gesellschaft für psychologische Forschung*, Heft 11. Leipzig, J.-A. Barth, 1898.

différence entre les deux poids comparés ; si l'on en compare deux lourds, l'erreur de temps est plus grande lorsque la différence entre eux est plus petite ; mais en comparant des poids légers, elle est plus grande lorsque la différence est relativement grande. L'erreur de temps peut même avoir un signe différent, suivant que le poids secondaire est plus grand ou moins grand que l'unité de poids, et elle sera positive dans le premier cas et négative dans le second. Ou, en termes moins techniques, en soulevant le poids secondaire avant l'unité de poids, la différence apparente entre les deux augmente. Ce résultat étant tout le contraire d'un des résultats de Martin et Müller, les deux sont probablement l'expression de tendances individuelles. L'erreur de temps changeait aussi — toujours d'après Wreschner — et en sens positif lorsque le premier des deux poids était soulevé 2, 3, 4 ou 5 fois. Elle devient négative si l'on laisse un plus grand intervalle entre les deux poids, quoique, l'intervalle étant d'environ 4 secondes, l'erreur commence à redevenir positive. La pratique leur a fait changer l'erreur de temps de négative en positive. En continuant une expérience pendant une heure, l'erreur est moins fortement positive dans le cas des poids légers, et moins fortement négative dans le cas des poids lourds, — résultat qui est contraire à la théorie que l'erreur négative est un effet de la fatigue musculaire. Il y a donc des résultats, comme ceux obtenus par Müller et ses élèves, qui ne doivent pas être pris trop au sérieux. Ils ne se maintiennent pas chez tous les individus, ni ne sont constants chez le même individu. Ils font voir clairement combien

l'acte de comparer des poids est complexe et mettent en avant des facteurs qui souvent contribuent encore à cette complexité.

L'illusion de la pesanteur d'après l'aspect

Une illusion intéressante et frappante de la pesanteur, mentionnée tout d'abord par Charpentier, a attiré l'attention d'un grand nombre de psychologues. Charpentier[1] a trouvé que deux objets du même poids ne semblent pas également lourds, s'ils n'ont pas le même volume. S'appuyant sur un petit nombre d'expériences, Charpentier en déduit que la cause de cette illusion provient de la *surface plus grande* occupée par l'objet le plus volumineux. L'empreinte d'un objet plus dense étant confinée sur une surface cutanée plus étroite, elle est plus intense à un point quelconque ; c'est pour cette cause, comme Charpentier suppose, que le poids le plus dense paraît le plus lourd. Charpentier, dans cette explication, ne touche pas à la vérité.

Ainsi Flournoy[2] a trouvé que l'illusion persiste, même lorsque les surfaces d'empreinte cutanée sont rendues égales, en suspendant chaque poids à une corde, à l'aide de laquelle on les soulève. Pour que l'illusion apparaisse, il faut que le sujet voie les différents volumes des objets soulevés.

1. Charpentier. Analyse expérimentale de quelques éléments de la sensation des poids. *Archives de physiologie*, etc., 1891, III, 122-135.

2. Th. Flournoy. *Année psychologique*, 1894, I, 198-208.

Il n'est cependant pas nécessaire que les volumes des deux objets soient perçus par la vue. VAN BIERVLIET[1] a obtenu la même illusion avec les yeux fermés, et les deux volumes perçus par le toucher.

SEASHORE[2] a trouvé que l'illusion est forte par rapport à la clarté avec laquelle le volume était perçu. L'illusion était plus forte lorsque les objets sont vus par vision directe, plus faible, s'ils sont vus par vision indirecte, et encore moins faible s'ils ne sont pas vus du tout pendant qu'on les soulève, mais un peu auparavant. L'illusion la plus forte a cependant été obtenue, lorsqu'on a fait percevoir le volume des objets, en les saisissant à la main. SEASHORE a trouvé que l'illusion ne disparaît pas, comme le résultat d'une pratique non corrigée dans le soulèvement des poids. L'illusion n'est pas entièrement éliminée, quoiqu'elle soit amoindrie par la connaissance du véritable rapport entre les poids. Une illusion pareille apparaît lorsqu'on soulève des objets qui, malgré leurs volumes égaux, font croire par leur apparence qu'ils auraient un poids spécifique différent. Ainsi un morceau de bois plein et un morceau de plomb creux, de volumes et de poids égaux, étant soulevés, le bois semblait plus lourd que le plomb.

Si les poids sont suspendus à une corde, de façon à exclure la perception tactile du volume, et qu'en même temps on ne les voie pas, l'illusion n'apparaît plus. Ce n'est pas la différence de volume, mais

1. VAN BIERVLIET. *Année psychologique*, 1895, II, 79-86.
2. C.-E. SEASHORE. *Studies from the Yale Psychological Laboratory*, 1895, III, 1.

la *perception* de cette différence qui produit l'illusion.

De plus, Claparède[1] a prouvé que l'illusion manque, lorsque le sens musculaire du membre qui soulève est détruit. Les tabétiques n'éprouvent pas cette illusion en soulevant un poids avec le bras hypesthétique, mais ils l'éprouvent en soulevant ce poids avec le bras sain. Les sensations périphériques de pesanteur sont donc nécessaires pour que cette illusion soit produite.

Bolton[2] a montré que cette illusion était plus prononcée lorsque les poids sont pesés à la main, que lorsqu'ils sont soulevés en appuyant sur un levier. Comme, cependant, la pesée des objets est en général la méthode la plus correcte pour les apprécier, il s'ensuit que l'illusion n'est pas simplement un résultat d'une perception inexacte du poids.

L'explication la plus probable de cette illusion est quelque chose dans le genre de ce qu'a proposé Flournoy. Le plus grand volume d'un objet suggérant qu'il est le plus lourd, fait qu'on s'attend à le trouver plus lourd, et on le soulève à cause de cela, avec plus de force. Il s'élève avec plus de rapidité qu'un autre objet, et se comporte en général comme le ferait un plus léger, et apparaît donc léger. Cette explication est basée sur la théorie de la perception des poids soulevés de Müller-Schumann ; cependant,

1. Ed. Claparède. Les illusions de poids chez quelques malades hypokinesthésiques. *Comptes rendus Société de biol.*, 1899, I, 134-136.

2. F.-E. Bolton. *American Journal of Psychology*, 1898, IX, 167-178.

c'est plutôt une hypothèse qu'une explication, car elle n'a été attestée par aucune expérience directe.

Cette illusion du poids, d'après l'aspect, est une des illusions les plus fortes et les plus universelles que les psychologues connaissent. Dressler[1] l'a trouvée chez tous les 173 enfants et 48 adultes sur lesquels il en a fait le contrôle. Elle semble plus forte chez les adultes que chez les enfants, et plus forte chez les enfants intelligents que chez les lourds.

Philippe et Clavière[2] ont trouvé que, chez les enfants plus jeunes que 7 ans, l'illusion n'était nullement générale ; ils l'ont trouvée chez beaucoup, mais beaucoup d'autres présentaient l'illusion contraire, de juger le poids d'un objet simplement d'après ses dimensions. L'illusion se trouve chez les aveugles, mais parmi eux elle se développe à un âge plus avancé.

Gilbert[3] a trouvé que la force de l'illusion augmentait depuis l'âge de 6 jusqu'à 9 ans, et qu'ensuite elle diminuait jusque vers 17 ans, et aussi qu'elle était plus accentuée chez les filles que chez les garçons.

Wolfe[4] a trouvé que l'illusion était plus forte chez les jeunes femmes que chez les jeunes gens. Il nous a donné aussi les mesures les plus dignes de foi sur

1. F.-B. Dressler. *American Journal of Psychology*, 1894, VI, 343-360.

2. Sur une illusion musculaire. *Revue philosophique*, 1895, XL, 672-682.

3. J. Gilbert. *Studies from the Yale Psychological Laboratory*, 1894, II, 60.

4. H.-K. Wolfe. *Psychological Review*, 1898, V, 25-54.

la force de l'illusion. Il a trouvé qu'elle variait énormément chez les différents individus. En faisant comparer des disques en bois, d'un poids spécifique de 0.45, avec des disques en plomb d'un poids spécifique de 11.35, il a trouvé que les hommes appréciaient le disque en bois comme égal au disque en plomb, qui avait 1/3 de son poids, et les femmes à 1/5. C'était la force de l'illusion pour les poids légers (le bois, 15 gr.) ; avec des poids plus lourds, l'illusion diminue quelque peu. On peut l'augmenter en prenant des objets encore plus inégaux en densité. Ainsi un sac en papier gonflé, pesant 16 grammes, a été apprécié comme égal à $4^{gr},3$ en plomb, par les hommes, et à $2^{gr},3$ par les femmes. Ce qui précède n'est que la moyenne d'un nombre considérable de personnes ; chez beaucoup d'individus la force de l'illusion est vraiment étonnante.

Il faudrait donc une balance pour prouver le vieil adage qu'une livre de plomb est aussi lourde qu'une livre de plumes ; pour la perception directe, la livre de plomb est plus lourde de beaucoup. Cette illusion n'est pas autant une preuve de l'inexactitude de notre sens de la pesanteur, mais plutôt d'une extrême *suggestibilité* dans ce genre de perception.

Travaux cliniques sur la perception de la pesanteur

L'examen clinique de la force de perception de la pesanteur est souvent important pour déterminer la perte ou l'affaiblissement du « sens musculaire ».

L'appareil et le procédé employé doivent être simples et rapides. Les médecins se contentent souvent de la découverte de fautes grossières dans la perception de la pesanteur ; les insuffisances légères ne peuvent être établies que par une expérience prolongée, et alors même pas avec une complète certitude, à cause de la grande portée de la variabilité normale. C'est pourquoi les médecins restent encore attachés à la méthode ancienne et peu précise de la moindre différence perceptible. Les défauts dans la perception de la pesanteur dans des maladies, comme le tabès, sont souvent si grossiers que cette méthode suffit pour les déterminer.

La perte du sens musculaire étant dans le tabès plus fréquente aux extrémités inférieures qu'aux supérieures, les cliniciens ont essayé de faire soulever des poids avec les pieds.

Jaccoud[1] a employé, en 1864, un sac léger pour y renfermer les poids. Voici comment il décrit la méthode à suivre :

« J'ai deux sacs carrés ; le bord ouvert porte à chacun de ses angles un cordon qui sert à fixer le sac au cou-de-pied... ; je place d'avance, dans chacun de ces sacs, un poids différent ; je fais coucher le sujet de manière que les membres inférieurs dépassent de toute leur longueur le bord du lit... Les yeux étant alors bandés, je fixe le sac le plus léger à l'un des cous-de-pied, et je prescris l'élévation de la jambe ; je laisse les choses en cet état pendant quelques

1. S. Jaccoud. *Les paraplégies et l'ataxie des mouvements*. Paris, Delahaye, 1864, p. 670-677.

instants, pour que l'impression soit parfaitement perçue, et je fais replacer le malade dans sa position première; alors, et avec toute la rapidité possible, je substitue le sac plus lourd, et je recommence l'épreuve. »

Jaccoud a examiné de cette façon, avec des résultats presque uniformes, 24 sujets normaux. Ensuite il a expérimenté sur 6 malades souffrant d'une sclérose postéro-latérale et les a trouvés bien inférieurs pour la perception de la pesanteur aux sujets normaux. Il a trouvé parfois un manque de perception de la pesanteur dans des cas qui ne montraient aucun défaut dans la perception de la position, ce qui voudrait indiquer que ces deux manifestations du sens musculaire seraient en une certaine mesure indépendantes l'une de l'autre.

Leyden[1] a placé les poids dans un vase fixé à l'extrémité d'une baguette, qui glissait par un trou dans le châssis qui le supportait. L'extrémité inférieure de la baguette était attachée au pied, à la jonction du métatarse avec les doigts. Les poids étaient soulevés par le seul mouvement du pied. L'appareil n'est pas à recommander, à cause de la friction considérable que produit la baguette.

Leyden a trouvé dans beaucoup de cas de dégénérescence de la matière grise qu'en dépit du sens défectueux de la position et de l'inhabileté à percevoir les poids faibles, la force de discernement des poids n'était pas perdue. La différence la moins appréciable

1. E. Leyden. Ueber Muskelsinn und Ataxie. Virchow's *Archiv für pathol. Anat.*, etc., 1869, XLVII, 321-351.

n'était pas plus grande que chez les sujets normaux. Ce résultat, qui semble une confirmation de la « loi des parallèles » de Fechner, n'est pas en concordance avec les résultats d'autres expérimentateurs.

Bernhardt[1] a placé les poids dans un plateau suspendu à une corde, qui passe par dessus des poulies et dont l'autre extrémité était attachée à un lien autour du pied. Le patient était placé sur le dos et soulevait le poids par une flexion dorsale du pied. Il a trouvé ainsi que le discernement des poids était très défectueux chez les tabétiques.

Bernhardt a trouvé que les poids peuvent être perçus et discernés, lorsque la contraction musculaire qui les soulevait, était excitée par l'électricité. Chez un sujet normal — mais pas chez un autre — cette contraction électrique a produit une perception du poids aussi exacte que la contraction volontaire. Ce résultat, qui a été employé aussi bien en faveur que contre la théorie des sensations d'innervation, n'est pas assez bien établi en lui-même, pour servir à l'un des partis.

Le meilleur appareil clinique est peut-être celui de Hitzig[2]. Il prépara une série de balles en bois, de volume égal mais de poids inégaux. Il les plaçait dans la paume de la main, ou pour l'extrémité inférieure, dans une pochette cousue à une chaussette forte en coton. Il a trouvé que la plus petite différence nécessaire entre deux poids était de 1/10. Toutes les per-

1. *Archiv für Psychiatrie*, 1872, III, 618.
2. E. Hitzig. Ein Kinesiaesthesiometer. *Neurol. Centralblatt*, 1888, VII, 249-254.

sonnes normales ne découvraient pas cette différence. Avec l'extrémité inférieure, 1/6 même était quelquefois la limite du discernement normal. Les cas pathologiques montraient une force de perception inférieure caractérisée. Un fait particulier, remarqué chez un sujet normal, était qu'il distinguait mieux 200 et 250 grammes que 100 et 150, ou que 50 et 100.

Les faits principaux qui ressortent de notre aperçu sur la littérature de la perception de la pesanteur sont les suivants :

La perception « musculaire » du poids est plus fine que la tactile ; en d'autres termes, les poids soulevés sont discernés avec plus de finesse que les poids posés simplement sur la peau.

La résistance opposée par un ressort est perçue plus exactement que celle qui est opposée par un poids soulevé.

Deux poids sont discernés avec plus de finesse lorsqu'ils sont soulevés tous deux avec la même main, ou le même doigt, que lorsqu'ils le sont par des membres différents.

La finesse de la perception est augmentée quelque peu par l'accélération de la circulation du sang ou par un exercice musculaire.

Elle diminue si les objets soulevés sont serrés étroitement par la main qui les lève.

Elle augmente par la pratique que l'on fait pour discerner des poids légers et diminue lorsqu'on s'exerce à soulever des poids lourds.

Si un sujet s'est habitué à soulever des poids lourds et qu'on substitue à ces derniers des poids

légers, il les sentira plus légers qu'ils ne sont — ce qui est l'effet de l'*Einstellung*.

Un poids qui répond promptement à l'effort fait pour le soulever semble plus léger qu'un poids qui y répond tardivement.

Certains jugements sur le poids relatif de deux objets ne reposent pas sur une véritable comparaison, mais sur l'impression qu'un de ces objets est très lourd ou très léger ; certaines personnes ont plutôt l'impression de la pesanteur, et d'autres de la légèreté.

Le second de deux poids légers est apte à paraître plus léger que le premier ; mais le second de deux objets lourds est apte à paraître plus lourd que le premier. Cette erreur de temps est augmentée ou diminuée par différentes conditions, comme la fatigue, la différence entre deux poids, l'intervalle entre deux soulèvements, etc.

Deux poids égaux ne semblent pas égaux, si leur volume est très différent ; le moins volumineux paraît le plus lourd — pourvu que le volume soit perçu. C'est ce qu'on appelle « l'illusion de l'aspect du poids ».

Les poids peuvent être discernés avec une considérable exactitude lorsqu'ils sont soulevés par la contraction des muscles excités par l'électricité.

L'examen clinique a relevé des cas dans lequels le sens de la pesanteur était perdu, pendant que le sens de la position persistait, et *vice-versa* ; de sorte que ces deux formes de perception « musculaire » sont à un certain point indépendantes l'une de l'autre.

CHAPITRE IV

LES BASES SENSORIELLES DES DIFFÉRENTES PERCEPTIONS DU MOUVEMENT

Les mouvements du corps ne deviennent pas conscients, comme une masse indistincte de sensations ; mais on en perçoit spécifiquement les différentes propriétés. La position dans laquelle le mouvement est fait, sa direction, sa durée, sa rapidité et son étendue, la force exercée et la résistance opposée, — chacune peut attirer séparément l'attention de la personne qui fait le mouvement. Elle peut comparer deux de ses mouvements, sous un rapport quelconque.

On a souvent essayé de montrer que parmi ces appréciations, il y en a qui sont plus primitives, et que les autres se basent sur celles-ci. On a supposé que le jugement sur l'étendue dépendait d'un autre plus élémentaire sur la durée, ou que ce dernier dépendait d'un jugement sur la force de la tension musculaire, ou encore que ce dernier dépendrait du jugement sur l'étendue.

En réalité, il n'est pas nécessaire de croire *à priori* qu'une quelconque de ces formes de perception dérive d'une autre. Les sensations de mouvement sont assez variées pour offrir à chaque sorte de jugement une

base sensible. Et c'est à cette opinion que nous sommes amenés par le fait d'observer nos propres sensations, pendant que nous jugeons les différentes propriétés du mouvement. L'étendue *sent* autrement que la durée, la durée autrement que la tension musculaire, la résistance et le poids, autrement que le temps et la rapidité. Il ne nous paraît pas à nous-mêmes que nous appuyons un de ces jugements sur un autre ; nous semblons attentifs à une propriété particulière de notre mouvement et aux sensations qui résultent de cette propriété.

Cette observation introspective est concluante sur un point : aucun de ces jugements n'est déduit sciemment d'un autre. S'il y a dépendance, c'est une dépendance *d'association* et non pas de conclusion.

On a rarement essayé, par des expériences décisives, de dériver une de ces sortes de perception d'une autre. On en a plutôt donné *des aperçus,* suggérés par peu de faits, plutôt qu'une conclusion urgente, tirée d'une quantité de faits. Nous avons toute une série d'hypothèses plausibles, mais rien que nous puissions donner comme certain. Le mieux que nous ayons à faire, c'est de collationner les opinions les plus probables, tout en admettant qu'avant d'atteindre à la certitude, beaucoup d'autres expériences sont nécessaires.

De quelle façon pouvons-nous chercher la dépendance supposée d'une sorte de jugement à un autre ? On peut employer trois méthodes :

1° Empêchons à dessein la perception que nous supposons primitive, et voyons après si la perception supposée dérivée peut encore être faite ;

2° Laissons le processus s'accomplir sans trouble, mais enregistrons en même temps que se produit chaque mouvement, la particularité du mouvement sur laquelle nous supposons que le jugement est basé. Nous pourrons voir ainsi si le jugement correspond à cette particularité. Cette expérience doit être répétée plusieurs fois, car même s'il n'y a aucune dépendance, le jugement correspondra encore à la particularité donnée, dans la moitié des essais. Une dépendance complète ne sera donnée que par une corrélation parfaite ;

3° Faisons des recherches séparées d'exactitude, pour la perception primitive et pour la dérivée. Les deux seront également exactes, à moins qu'une source d'inexactitude intervienne entre la forme primitive de la perception et sa dérivée. En aucun cas, une perception purement dérivée ne pourra être plus exacte que la primitive.

Dans ces expériences, un résultat négatif est plus convainquant qu'un positif. Même une corrélation parfaite ne prouve pas complètement la dépendance, car les deux processus corrélatifs peuvent être en dépendance coordonnée d'un troisième. D'un autre côté, un résultat négatif ne prouve pas qu'il n'y a *jamais* de dépendance entre les deux processus en question. Mais une prédominance des résultats négatifs montre qu'il n'y a point de dépendance générale.

Perception de l'étendue du mouvement

On a suggéré que l'étendue du mouvement cor-

porel est perçue indirectement, en termes de position ou en termes de durée.

La durée du mouvement, comme base pour le jugement sur l'étendue, a été mise en avant par Loeb[1], à la suite de son observation, que certaines personnes, en essayant de faire avec le bras des mouvements lents d'égale longueur, pensent s'aider en comptant les secondes. Cependant toutes ne le font pas, et chez celles qui le font, le résultat n'en est pas plus exact.

Il est incontestable qu'en essayant de faire des mouvements d'égale étendue, on a une tendance à les faire aussi dans un temps égal. Même si l'effort tend à faire des lignes alternées plus longues et plus courtes, la plus courte ayant la moitié de la longueur de la plus longue, la tendance de faire les mouvements de durée égale persiste.

Il est possible, d'un autre côté, d'exécuter des mouvements d'une longueur approximativement égale, mais de rapidité et de durée inégales. La moyenne des cas exacts n'est pas aussi grande que lorsque les mouvements sont de rapidité égale. La force d'exécuter des mouvements égaux et de percevoir l'étendue des mouvements est rendue plus difficile, mais pas du tout impossible si l'on varie la durée du mouvement[2].

Une meilleure preuve est apportée par les résultats

1. Pflüger's *Archiv für die ges. Physiologie*, 1887, XLI, 124.

2. Woodworth. The Accuracy of Voluntary Movement. *Psychol. Review*, 1899. Supp., n° 13, p. 77 et suiv.

bien établis de Fullerton et Cattell [1], que l'étendue du mouvement était perçue plus exactement que le temps ou que la force. Il s'ensuit que la perception de l'étendue a des fondements autres et plus exacts que les jugements sur le temps et la force.

La méthode de corrélation, à l'aide de laquelle on aurait pu étudier ces problèmes, n'a pas été appliquée à la question de la dépendance de la perception de l'étendue, à la perception du temps. Mais les résultats concordants des deux autres méthodes nous autorisent à nier une pareille dépendance. On essaye parfois de juger l'étendue en termes de durée ; mais on peut la juger aussi d'autre façon, et cette façon est beaucoup plus exacte.

Une autre opinion est que la perception de l'étendue du mouvement est basée sur des sensations de position. Même les sensations brutes de motion ont été considérées par une philosophie ontologiste, comme composées des sensations de position — opinion fausse, car nous verrons que le sens de la position dérive, le plus probablement, du sens de la motion. Mais, opinions philosophiques à part, il peut sembler très possible que la longueur d'un mouvement soit inférée, quoique « inconsciemment », des sensations de ses deux positions finales.

Les mouvements peuvent être perçus et ajustés avec une grande exactitude, lorsque leurs positions finales sont différentes. Et la perception de la position est, dans plusieurs sortes d'expériences, moins exacte que la perception de l'étendue du mouvement.

1. *On the Perception of Small Differences*, 1892, p. 158.

Si, par exemple, une série de mouvements est enregistrée, exécutés à la main libre pour tracer des lignes (comme dans toutes ces expériences, les yeux sont fermés), et si entre chaque tracé de deux lignes, la main est portée de côté, l'égalité de la longueur est plus rapprochée que l'égalité de la position dans laquelle la main s'arrête. Le mouvement de côté du bras a détruit davantage le sens de la position que celui de l'étendue[1].

Goldscheider constate même que le sens de la position peut être perdu, comme résultat de l'anesthésie cutanée, tandis que le sens du mouvement persiste[2]. La perception de l'étendue du mouvement est donc indépendante de la perception de la position.

Plusieurs faits indiquent même que la perception de la position est plus ou moins dépendante sur les sensations du mouvement. Si le bras est maintenu immobile, il perd graduellement le sens clair et exact de sa position[3]. Si l'attention est distraite pendant le mouvement, et si l'on empêche tout mouvement subséquent et tout contact avec les autres parties du corps, en renfermant le bras dans un emboîtage approprié, le sens de la position peut aussi disparaître[4]. La position finale d'un mouvement est

1. Woodworth. *Op. cit.*, p. 84, où d'autres faits pareils sont rapportés.

2. *Archiv für Anat. und Physiologie*, 1899, p. 498-502.

3. A.-M. Bloch. *Revue scientifique*, 1890, XLV, 294-301, et *Comptes rendus de la Soc. de biol.*, 1896, p. 81.

4. Ch. Féré. *Comptes rendus de la Soc. de biol.*, 1896, p. 61.

moins exactement rencontrée par un second mouvement, lorsqu'il est exécuté par une route différente, que par la même route[1]. La perception de la position d'un bras dérive plus probablement des sensations du mouvement que les perceptions de l'étendue du mouvement ne dérivent des sensations des positions limitantes.

Sans doute que l'association avec l'espace visuel est d'un grand secours dans la comparaison de l'étendue des mouvements, surtout lorsqu'on les exécute dans différentes positions. Mais l'association avec l'espace visuel n'est pas la seule base du jugement sur l'étendue. L'étendue peut être jugée, avec une certaine approximation d'exactitude, même dans des cas de mouvements qui peuvent à peine être associés à l'espace visuel. Par exemple, les mouvements des jambes, ou même de tout le corps, comme pour se balancer ou pour plier les genoux.

La perception de l'étendue ne dérive donc pas de données qui sont primitivement temporelles ou positionales ; elle ne dérive pas plus des sensations de la force musculaire. On peut faire deux mouvements, qui diffèrent en tant que rapidité, force, durée et position, et qui soient cependant égaux en étendue. Il est vrai que toutes ces différences diminuent l'exactitude de l'étendue ; elles modifient l'intensité de la sensation d'étendue proprement dite. Mais le fait qu'une certaine perception de l'étendue demeure, lorsque toutes les autres sensations lui opposent un empêchement quelconque, prouve qu'elle a une base

1. Woodworth. *Op. cit.*, p. 83 et suiv.

sensorielle, qui ne vient que de la sensation même. Elle est basée sur une sélection appropriée de toute la masse des sensations de mouvement, sur des sensations produites par la marche du mouvement, et qu'on peut appeler sensations de l'étendue du mouvement.

Perception de la force du mouvement

Quoiqu'une dépendance entre la perception de la force et la perception de l'étendue n'ait pas été prouvée, on l'a considérée comme une possibilité, à la suite d'expériences faites avec le dynamomètre ou l'ergomètre. Lorsque le mouvement agit contre la résistance d'un ressort, comme dans l'emploi de ces appareils, on ne peut s'assurer de l'augmentation ou de la diminution de la force exercée que par l'augmentation ou la diminution correspondante de l'étendue. Il s'agit de savoir si la perception de la force est quelque chose de plus que la perception de l'étendue. On n'a point fait d'expériences dans les cas de mouvements qui ont suggéré cette question, mais dans une autre forme de mouvement, dans le cas *des coups*.

Lorsque la main frappe un objet résistant, la force actuelle exercée prend place pratiquement en un point de l'espace et en un instant du temps. L'étendue du mouvement préliminaire pendant lequel la force du bras qui se meut est développée, peut être mesurée séparément de la force déployée pour le coup. La force et l'étendue peuvent être ici mesurées séparé-

ment, et ensuite être comparées. Ces mesures ont été faites au moyen d'un instrument approprié, et on les a comparées par la méthode de la corrélation [1].

Il s'agissait de savoir si les changements dans la force déployée pour un coup étaient régulièrement accompagnés par des changements correspondants dans l'étendue du mouvement préliminaire, et si ces derniers changements pouvaient être envisagés comme la cause des premiers.

On a trouvé que de grands changements dans la force ne pouvaient être assurés que par des changements correspondants dans l'étendue. C'est en effet une nécessité physiologique, car un court mouvement préliminaire ne peut permettre le développement d'une grande force.

Mais les changements légers dans la force ne correspondent qu'imparfaitement aux changements dans l'étendue. Une proportion de 100 pour 100 de changements correspondants indiquerait une corrélation complète, et une proportion de 50 pour 100, nulle corrélation. La proportion actuelle de pareils changements était de 60 pour 100, et la corrélation réduite ainsi presque à zéro. Les gradations fines dans la force ne dépendent donc que partiellement et vaguement des gradations dans l'étendue.

On a trouvé qu'il était possible de modifier volontairement l'étendue, en maintenant la force constante, ou de varier la force, en maintenant l'étendue constante. On a trouvé que l'attention accordée à

1. Woodworth. On the Voluntary Control of the Force of Movement. *Psychol. Review*, 1901, VIII, 350-359.

l'étendue n'augmente pas l'exactitude de la force. On a trouvé que l'uniformité de la force n'avait qu'une corrélation faible avec l'uniformité de l'étendue.

En résumé, le contrôle et la perception de la force, du moins dans le cas d'un coup, ne sont pas simplement des fonctions dérivées. Parmi les sensations du mouvement, il y en a qui nous informent directement en ce qui concerne la force du mouvement.

La perception des poids

Nous ne nous occuperons pas ici de la simple perception tactile d'un poids posé sur la peau; mais lorsque les poids sont soulevés ou pesés, les sensations qui nous en rendent compte, appartiennent au groupe des sensations musculaires. La perception des poids soulevés est une forme de la perception du mouvement.

La perception du poids est apparentée à la perception de la force. Et en pressant un ressort et en soulevant un poids, l'objet de la perception est la résistance rencontrée et la force nécessaire pour la surmonter.

Cependant, la perception d'un poids est à un certain point de vue tout à fait différente de la perception de la force du mouvement. Le poids étant une force extérieure, elle ne se présente pas à nous par le sentiment de notre propre effort. Nos efforts, pour soulever deux objets, dont chacun est trop lourd pour que nous puissions le mettre en mouvement, ne nous font pas connaître leurs poids relatifs. Le mouvement

réel des objets, ou de l'un d'entre eux, est donc nécessaire avant que nous puissions les comparer.

L'estimation du poids entraîne donc deux sortes de perceptions, celle de la force exercée sur le poids, et celle de la réponse du poids. Si la force est grande et la réponse minime ou absente, nous en déduisons que le poids est lourd ; si la force est petite et la réponse prompte, nous l'appelons léger ; si, dans un cas quelconque, nous avons des perceptions exactes de la force exercée et de la réponse, nous pouvons estimer le poids, d'après le rapport entre les deux. En pratique, nous n'approchons pas de la comparaison des poids d'une façon aussi mathématiquement générale. Il y a deux moyens assez simples pour faire cette comparaison :

1° Nous pouvons soulever les deux poids avec une force égale et voir lequel répond le plus promptement : ce sera le plus léger ;

2° Nous pouvons proportionner la force aux poids supposés des objets (en les jugeant par la vue, etc.), et voir s'ils répondent avec la même facilité, auquel cas leurs poids seraient proportionnés aux efforts qu'on a faits.

La fameuse théorie de Müller-Schumann sur la perception des poids soulevés est essentiellement la première de ces deux possibilités. Eu égard à cette théorie, les objets à comparer sont soulevés avec la même force musculaire, et leurs poids déduits de leurs réponses relatives. La force des mouvements faits pour soulever un objet n'est pas considérée comme un objet de perception. Si, par hasard, la force des mouvements différait, nous ne remarquons pas

cette différence, et nous sommes sujets à une illusion, en jugeant les poids seulement d'après leurs réponses.

Voilà le principe de la théorie de Müller-Schumann ; les parties moins essentielles s'occupent d'une analyse de la réponse des poids et d'une sélection de tels traits de la réponse, qui, croit-on, servent pour indiquer les poids. Si deux poids sont soulevés avec une force égale, le plus léger des deux se mettra en mouvement avec le moins de retard ou de « temps perdu », il s'élèvera plus rapidement, et lorsque la force qui l'a soulevé diminue, il descendra plus doucement. L'une quelconque de ces différences dans le mouvement des objets soulevés, peut servir à marquer la différence entre leurs poids.

Dans le premier exposé de la théorie, on avait insisté davantage sur la vitesse du mouvement élévateur. L'exposé original de la théorie peut bien être cité :

« D'après notre avis, les choses se passent simplement comme il suit : en comparant deux poids, dans des circonstances habituelles, la même impulsion motrice sera distribuée à chacun des deux mouvements, sans que nous ayons conscience de la force de l'impulsion, à l'aide d'une sensation d'innervation ou autre. Et nous comparons uniquement les effets l'un à l'autre, c'est-à-dire, en général, la vitesse du mouvement exécuté, et nous nous y prenons de telle façon qu'en vertu de l'expérience déjà acquise, nous considérons comme le poids le plus léger, celui qui s'élève le plus rapidement[1]. »

1. « Unserer Ansicht nach, verhält sich also die Sache ganz einfach folgendermassen, Beim Vergleichen zweier Gewichte, wird unter gewöhnlichen Umständen bei beiden Hebungen der-

Plus tard, pour mettre cette théorie en accord avec le travail de Jacobi, on a plus insisté sur le *retard* que met le poids, avant de commencer à s'élever. Si les poids sont soulevés avec la même force, le plus lourd demandera plus de temps que le léger, afin de se mettre en mouvement.

Les preuves, en faveur de cette théorie, sont les suivantes :

L'expérience de Jacobi [1] est la plus directe, car il a enregistré les retards relatifs de deux poids soulevés et a enregistré en même temps les jugements ; il a trouvé que le poids qui tarde le plus avant de s'élever était réellement considéré comme le plus lourd. Cette évidence serait très forte, si elle était en quantité suffisante, mais ainsi que nous l'avons dit, une pareille question de corrélation ne peut être établie que sur un aperçu statistique, basé sur un grand nombre de cas.

La preuve originale apportée par Müller et Schumann eux-mêmes, à l'appui de leur théorie, était le fait de l'*Einstellung* ou de l'accommodement moteur [2]. La pratique faite, en soulevant un objet léger suivi d'un lourd, a fait naître l'habitude d'exé-

selbe motorische Impuls ertheilt, ohne dass uns die Stärke der Impulse durch eine Innervationsempfindung und dergleichen zum Bewusstsein kommt. Und wir vergleichen nun lediglich die Effecte mit einander, d. h. im Allgemeinen die Geschwindigkeit der eintretenden Bewegungen, und zwar verfahren wir hierbei so, dass wir auf Grund der gemachten Erfahrungen, das scheller emporsteigende Gewicht für das leichtere halten. » Müller und Schumann. Pflüger's *Archiv für die ges. Physiol.*, 1889, XLIV, 56, 57.

1. Voir plus haut, p. 136.
2. Voir plus haut, p. 122.

cuter le second mouvement plus fort que le premier, et en substituant un objet léger au lourd, il était inconsciemment soulevé avec plus de force que l'objet presque égal, auquel il devait être comparé ; il s'élevait plus vite et était considéré comme le plus léger des deux. Cette expérience semble montrer :

1° Que la force avec laquelle on soulevait n'était pas perçue ;

2° Que les poids n'étaient pas jugés d'après la force déployée pour les soulever, du moment qu'on considérait comme le plus léger l'objet soulevé avec le plus de force ;

3° Que le poids était jugé d'après la vitesse (ou le retard qu'il mettait à s'élever).

Le résultat de ce cas spécial était considéré typique, dans la comparaison de deux poids.

Voyons maintenant les preuves contraires à cette théorie :

Certaines personnes, lorsqu'elles soulèvent un poids avec une vitesse inattendue, demeurent perplexes, au lieu de le juger comme très léger. Elles ne sentent pas spontanément que la différence de rapidité serait une différence de poids. On doit leur dire qu'une différence dans la vitesse doit indiquer une différence dans le poids ; après cette explication, elles sont préparées à juger en conformité avec cette théorie [1].

Ensuite, le poids considéré comme le plus léger, ne déploie pas toujours la plus grande vitesse [2].

1. Steffens. Ueber die motorische Einstellung. *Zeitschr. f. Psychol.*, 1900, XXIII, 289.

2. Müller et Schumann. Voir plus haut, p. 124, et p. 133.

Les deux résultats précédents montrent que la corrélation entre la vitesse et le poids apparent n'est pas parfaite. La perception des poids ne dépend pas complètement de la vitesse.

Encore une fois, l'exactitude avec laquelle le poids peut être perçu dépasse celle avec laquelle le temps peut être perçu [1]. S'il en est ainsi, la perception du poids ne peut dépendre de celle du temps. Müller [2] répond à cette objection que le mouvement employé à étudier la perception du temps n'était pas le même que celui employé à soulever un poids ; et que le temps de ce dernier pouvait être plus exactement perçu que celui du premier. La force de cette réplique est perdue, si nous nous rappelons que d'autres épreuves de la perception du temps ont uniformément prouvé un degré plus faible d'exactitude qu'il n'est habituellement dans la perception du poids.

Cette preuve négative ne doit cependant pas discréditer l'idée principale de la théorie Müller-Schumann, mais seulement l'hypothèse subordonnée que le poids est jugé en rapport avec le temps.

L'essence de la théorie est néanmoins contredite par une autre observation de Fullerton et Cattell [3]. Si, ainsi qu'ils l'ont trouvé, l'exactitude de la comparaison n'est pas diminuée en soulevant volontairement les deux poids avec une force inégale, assuré-

1. Fullerton et Cattell. Voir plus haut, p. 114.
2. Martin et Müller. *Zur Analyse der Unterschiedsempfindlichkeit*, 1899, p. 214.
3. Voir plus haut, p. 134.

ment que la force du mouvement doit être perçue et l'on en tient compte. Müller[1] croit que ce fait même n'est pas contraire à la théorie; mais certainement la théorie est à peine reconnaissable après avoir été élargie pour couvrir un cas, dans lequel le poids n'est pas jugé en termes de vitesse ou de temps perdu, et où la force du mouvement fait pour soulever est aussi perçue et qu'on en tient compte en formant le jugement.

La plausibilité de la théorie Müller-Schumann provient d'une analyse insuffisante de la réponse du poids à la force exercée sur lui. Nous percevons, non pas ce qui se passe dans le poids, non pas le mouvement du poids lui-même, mais ce qui se passe dans le bras et dans la main, comme résultat du mouvement du poids. Que se passe-t-il dans le bras et la main? D'abord la main tire sur le poids pendant un certain temps, avant qu'il soit mis en mouvement; cet état latent peut être perçu. Ensuite le poids et la main s'élèvent avec une certaine vitesse qui peut aussi être perçue. Ces effets et d'autres semblables sont les seuls que l'analyse de Müller et Schumann prenne en considération. En outre, la résistance du poids produit une tension dans les muscles et les tendons et une rotation passive des jointures. Cette rotation peut réellement être vue, lorsque les poids sont soulevés délicatement entre le pouce et l'index. Plus le poids est lourd, plus l'index est tendu, et plus la sensation de la tension est intense.

1. Martin et Müller. *Op. cit.*, p. 219.

Ce sont ces sensations internes auxquelles nous *semblons* nous attendre lorsque nous percevons et que nous comparons des poids. Cependant on soutient que nous percevons les effets externes des objets soulevés, leur vitesse et leur état latent ; cette assertion s'appuie sur ce que le jugement correspond plus ou moins étroitement avec les effets externes. Cela n'est pas un argument ; car du moment que l'intensité des effets internes doit correspondre d'une façon générale à celle des effets externes, la preuve expérimentale en faveur de l'un de ces points, comme base du jugement, parle également en faveur de l'autre.

En augmentant la force du mouvement qui soulève on fait que le poids s'élève avec plus de vitesse, mais on fait aussi que les sensations internes de la pesanteur s'émoussent. Un soulèvement fait avec force est inévitablement accompagné d'une étreinte plus forte du poids et d'une fixation des jointures qui en empêche la rotation. Ainsi l'action de soulever fortement diminue les sensations internes de la pesanteur aussi bien que les signes externes. Par conséquent l'argument de l'*Enstellung* agit aussi bien en faveur de l'un que de l'autre.

Il y a une autre série de faits qui détruit le fondement même de la théorie de Müller-Schumann. Cette théorie suppose que la force de chaque soulèvement est indépendante du poids réellement soulevé : cela n'est vrai que partiellement. La force avec laquelle un muscle se contracte n'est ordinairement pas déterminée par une simple impulsion des centres moteurs. Le mouvement rencontrant de la résistance,

les sensations de cette résistance — soient-elles conscientes, ou des impressions afférentes qui n'affectent que les centres inférieurs — agissent d'une façon réflexe pour augmenter la force de la contraction. A un manque de résistance succède un réflexe inhibitoire. Par ce circuit sensorio-moteur la force de contraction est graduée exactement d'après la résistance rencontrée. L'importance de ce contrôle réflexe est démontrée par des maladies comme l'ataxie locomotrice dans laquelle, comme résultat de sensations musculaires défectueuses, la force du mouvement n'est pas exactement graduée d'après la résistance.

Dans cette contraction excitée d'une façon réflexe nous avons une nouvelle source des sensations de la pesanteur. En dehors de la rotation passive des jointures et de la tension passive dues à l'inertie du poids nous avons une tension et une rotation dues à l'activité musculaire.

En soulevant un objet dont le poids nous est inconnu, nous commençons par une simple impulsion et nous augmentons graduellement la force jusqu'à ce que le poids se mette en mouvement. Nous percevons la force exercée, et jugeons du poids en partie par là.

En soulevant un objet connu, nous sommes plutôt capables de proportionner l'impulsion motrice initiale au poids. Cette adaptation peut devenir si commune qu'elle échappe à la perception. La théorie de Müller-Schumann ne s'applique qu'à cette catégorie de faits. Mais des différences légères dans le poids causent sans doute des différences correspondantes

dans la force d'élévation, et celles-ci sont probablement perçues.

Lorsqu'on étudie bien l'effet de l'*Enstellung* sur laquelle est fondée la théorie que la force d'élévation est déterminée par l'habitude et n'est pas perçue, et qu'on examine cet effet quantitativement, la déduction en est toute contraire. Si quelqu'un s'est habitué à soulever un poids de 700 grammes suivi d'un autre de 2 500 grammes et déploie une force bien proportionnée à l'élévation de ces deux poids, les poids lui sembleront-ils égaux? Certes non. Celui de 700 grammes pourrait sembler égal à un poids de 900 grammes qu'on substituerait à celui de 2 500, mais égal à un poids de 2 500, cela jamais.

La différence entre la force des deux élévations était perçue et l'on en tenait compte. Lorsqu'on substituait le poids de 900 grammes à celui de 2 500, était-il soulevé par la même force que celle qu'on employait pour le poids de 2 500? Non, autant que nous pouvons en juger avec les mesures de la vitesse que mettent les poids à s'élever [1].

La force d'élévation n'étant pas entièrement déterminée par l'adaptation précédente des centres moteurs, elle était tempérée par le poids rencontré réellement.

En résumé l'effet de l'*Enstellung* n'est pas suffisamment fort pour montrer ce qu'on en attend. La force de l'élévation n'est que *partiellement indépendante* du poids rencontré et n'échappe que partiellement à la perception.

1. Voir Steffens, p. 274.

Nous avons accordé une telle attention à la théorie MÜLLER-SCHUMANN, autant à cause de son autorité et de son intérêt intrinsèque que parce que c'était l'obstacle principal pour accepter les vues générales que nous avons exposées dans ce chapitre. Nous avons trouvé que tous les essais pour dériver une forme de la perception du mouvement d'une autre forme étaient futiles. L'étendue n'est pas perçue en termes de temps ou de position, mais au moyen de sensations qui représentent directement l'étendue. La force n'est pas perçue en termes d'étendue, mais au moyen de sensations qui représentent directement la force. Et alors nous voyons que le poids n'est pas perçu en termes de temps mais au moyen de sensations d'effort et de rotation des jointures qui nous apparaissent comme représentant directement le poids.

Un aperçu semblable sur la perception du *temps* serait vrai très probablement quoiqu'on ne puisse pas le faire avec certitude. On a supposé que le temps est perçu en termes de tension musculaire, c'est-à-dire en termes de force, idée qui a été adroitement exposée par MÜNSTERBERG [1]. Il est difficile d'appliquer cette théorie aux faits de battre la mesure ou de jouer en mesure. Un musicien a souvent besoin de faire des mouvements d'égale durée mais de force variable. La théorie peut essayer d'expliquer ceci en supposant que la perception du temps est basée sur d'autres mouvements simultanés exécutés avec une force uniforme.

1. Dans ses *Beiträge zur experimentellen Physiologie*, 1889, II, 13-54.

On peut supposer que les mouvements respiratoires peuvent servir de base pour la perception du temps, mais cela ne peut pas être vrai pour un chanteur qui doit respirer à des intervalles irréguliers et avec une force inégale. Dans ce cas la théorie peut supposer que la mesure du temps est trouvée encore dans d'autres mouvements, mais j'ai trouvé qu'il était possible de battre la mesure et même très exactement à l'aide de contractions générales alternées par forte et par faible de tout le système musculaire, les muscles respiratoires y inclus. Il est donc probable que la donnée sensorielle sur laquelle est basée la perception du temps ne coïncide pas avec la donnée appropriée à la perception de la force.

Chaque forme de perception semble donc s'appuyer directement sur une donnée sensorielle et non pas sur une autre forme de la perception. Et les données sensorielles pour deux formes de perception diffèrent beaucoup. Non pas que nous ayons une sensation qui représente la pesanteur seule ou la force seule ou le temps seul. La qualité rudimentaire de chacune de ces amplitudes est présente dans chaque sensation du mouvement. Mais les traits particuliers de la sensation, qui représentent chaque amplitude, ne coïncident pas avec ceux qui en représentent une autre.

CHAPITRE V

LES CAUSES D'INEXACTITUDE DANS LA PERCEPTION ET LA PRODUCTION DU MOUVEMENT

L'exactitude de la perception est la partie de la psychologie que les expérimentateurs ont le plus cultivée. Notre aperçu sur la littérature de la perception du mouvement nous a montré surtout des études sur l'exactitude avec laquelle les mouvements peuvent être perçus et avec laquelle ils peuvent être reproduits par d'autres mouvements. Maintenant nous voudrions tirer quelques conclusions de nos précédentes séries de faits.

Dans la pratique, l'étude de l'exactitude se réduit à l'étude des erreurs commises, c'est-à-dire à l'étude de l'inexactitude. Nous arrivons plus facilement à débrouiller les nombreux matériaux que nous possédons, si nous commençons par une considération sur les causes de l'inexactitude.

Prenons d'abord un cas concret, et examinons l'inexactitude qui apparaît lorsque quelqu'un tire à la cible. Les balles ne frappent probablement pas toutes au centre, pas plus que sur un autre point donné ; elles sont distribuées sur la cible, mais on en trouve davantage d'un côté de la cible que de l'autre ; et il

y a un point autour duquel on les trouve plus resserrées — tandis qu'on en voit de moins en moins sur les autres parties de la cible — et ce point, nous pouvons l'appeler le centre de distribution des coups. Parfois le centre de distribution est le centre même de la cible, mais le plus souvent il se trouve ailleurs. Le tireur a ordinairement l'habitude de viser un peu trop haut ou un peu trop bas, ou un peu trop de côté.

Dans cette action de tirer à la cible, nous remarquons deux sources d'inexactitude : la déviation habituelle du coup dans une direction, et l'éparpillement des coups, qui représente l'irrégularité de la visée. On peut mesurer séparément chaque sorte d'inexactitude. Si nous déterminons la distance et la direction du centre de distribution par rapport au centre de la cible, nous obtenons la mesure de la déviation habituelle de la visée ; si nous déterminons la distance de chacun des coups au centre de distribution, et que nous prenions la moyenne de toutes ces distances, nous avons la mesure de l'irrégularité de la visée. Ces deux mesures, prises ensemble, donnent la somme complète des erreurs commises. La déviation habituelle est appelée erreur constante, et l'irrégularité moyenne, l'erreur variable.

Ce simple schéma peut être soumis à des complications, les coups pouvant s'éparpiller davantage dans la direction verticale que dans l'horizontale. Dans ce cas, il serait plus exact de parler de deux erreurs variables, celle de la visée verticale ou d'élévation, et celle de la visée horizontale. Cette double erreur résulte de la nature double de l'acte de viser ;

il n'en est pas moins vrai cependant que l'on peut décrire l'inexactitude de chaque acte, comme composée d'une erreur constante et d'une erreur variable.

Ce principe général est le même dans toutes les sortes de mouvements exacts, ainsi que dans la perception du mouvement, car, dans toutes sortes de perceptions, on rencontre des erreurs constantes et des erreurs variables. L'erreur constante est elle-même soumise à des fluctuations, comme nous le verrons en comparant plusieurs enregistrements des coups tirés à la cible par la même personne, à différentes époques. Mais, à une même époque, il y a une déviation déterminée de la visée ou de la perception. Dans la perception, les uns tendent à sur-apprécier, les autres à sous-apprécier l'amplitude perçue.

Si l'on connaît l'erreur constante, on peut en tenir compte et la corriger. Une erreur variable ne peut être corrigée de cette façon directe, intellectuelle ; on peut la surmonter par une pratique continuelle, mais jamais la déraciner complètement, car elle est plus profondément ancrée dans le système nerveux que l'erreur constante.

Nous n'avons pas encore répondu à la question de savoir quelles sont les causes de l'inexactitude ; la non-correspondance exacte entre la perception et la stimulation perçue est un fait étrange et mystérieux. Si la stimulation est la cause, et la perception l'effet, pourquoi les deux ne correspondent-elles pas parfaitement ? La seule réponse est que la condition des organes récepteurs est une cause contributoire de la perception. Le manque de correspondance résulte de l'action des

organes périphériques et des organes centraux : c'est là qu'il faut chercher les causes des erreurs constantes et variables.

Les erreurs constantes résultent de particularités déterminées des organes. Aucune cause générale ne les explique toutes, mais chacune doit être considérée à part, et c'est ce que nous allons faire dans le chapitre suivant.

L'erreur variable a, au contraire, toujours la même source. Pourquoi varie la perception, ou pourquoi varie le mouvement? Parce que les conditions des organes affectés par la perception ou par le mouvement varient elles-mêmes. Et pourquoi la condition d'un organe varie-t-elle? Parce que l'organe est sujette à de nombreuses influences variables. Sa nutrition varie avec la quantité et la composition du sang qui y circule. Sa provision d'oxygène et de matières oxydables varie, et par conséquent l'énergie de son action varie aussi. Son irritabilité varie avec sa nutrition et sa température, conformément aux exercices ou au repos antérieurs, et suivant que des influences nerveuses stimulantes ou dépressives l'ont atteint.

Nous ferons donc remonter l'erreur variable de la perception à la condition variable des organes percepteurs, et celle-ci aux influences variables qui affectent ces organes. Si nous essayons de faire remonter la cause encore plus haut, nous trouverons encore et plus de variation. Cette variation des phénomènes naturels — fait universel tant dans la matière vivante que dans l'inerte — est due apparemment au jeu combiné de nombreuses forces, dont chacune, à son tour, est variable. Comment cette variabilité com-

mença-t-elle, ce serait difficile à dire ; tout est qu'elle s'est sans cesse reproduite. Il n'y a pas deux processus physiques ou chimiques qui soient absolument identiques l'un à l'autre, pas plus que deux spécimens quelconques d'une même plante ou deux réactions chez le même animal. L'uniformité est un idéal qui n'est jamais réalisé dans la nature. Sous les mêmes conditions, les processus de la nature sont identiques, mais on ne rencontre jamais les mêmes conditions. Cette vérité se fait sentir au moment dans lequel un physicien ou un chimiste essaie d'avoir des mesures exactes d'une substance ou d'un processus. Quant au biologiste, il trouve la variabilité partout à la surface. La composition chimique instable de la matière vivante la rend particulièrement sensible aux conditions variables qui l'entourent. Et l'extrême complexité de la structure des animaux supérieurs, et particulièrement de leurs systèmes nerveux, est très favorable à la variabilité. La réaction d'un stimulant varie avec la condition de chaque unité nerveuse, qui transmet l'impulsion. La condition de chaque unité nerveuse varie avec les influences qu'elle subit des différentes parties du système nerveux. La réaction totale est donc la résultante du jeu combiné des stimulants externes et internes, qui affectent le système à ce moment-là. Il n'est donc pas surprenant qu'une stimulation externe quelconque fasse naître tantôt une réponse, tantôt une autre, ou que de légers changements dans la stimulation donne parfois lieu à des réactions tout opposées. C'est cette variabilité de la réaction qui rend difficile toute prédiction relative à la conduite humaine. Et la même varia-

bilité donne lieu à des mouvements et des perceptions inexacts.

Ainsi, quoique nous soyons incapable de suivre complètement la trace de la cause de l'erreur variable, dans chaque catégorie de perception, et quoique la source dernière de la variabilité soit hors de notre portée, nous pouvons quand même ranger la variabilité de la perception et celle du mouvement sur la même ligne qu'une série universelle de faits. Tout ce qui précède semble assez évident, et indigne peut-être d'un long exposé ; l'excuse réside en ce fait que beaucoup de psychologues, tout en admettant la vérité de ces considérations, n'en adoptent pas moins des vues toutes contraires sur l'erreur de la perception.

Historiquement, l'étude de l'inexactitude de la perception a été dominée par une idée qui diffère beaucoup de la variabilité. L'idée dominante a été le *seuil* ainsi nommé, la *Schwelle* des auteurs allemands. Les premières études, comme celles de Weber, s'appuient sur ce fait que des stimulations très faibles, ou des différences très petites entre les stimulations, n'arrivent pas à être reconnues. Quoique le manque surprenant de correspondance entre les stimulations et les sensations qu'elles produisent ne soit pas la manifestation fondamentale de l'inexactitude, il attire cependant l'attention tellement qu'il a servi de base à toute l'étude. L'essai de systématiser cette idée du seuil, et de grouper autour tous les faits de l'inexactitude de la perception, a conduit à beaucoup de notions fausses auxquelles nous venons à peine d'échapper.

En précisant cette idée du seuil, elle prend la

forme suivante : si une stimulation, agissant sur un organe sensoriel quelconque, a moins de force qu'une certaine force définitive, elle ne produit aucun effet : une force inférieure à celle-ci est comme si elle n'existait pas ; cette force-là seule est capable de produire une sensation. Il se peut que l'organe périphérique reçoive une stimulation plus faible, et que les nerfs sensoriels en transmettent l'effet au cerveau, mais il n'en résulte nulle conscience, nulle perception. C'est la doctrine des « sensations minimales » ou la doctrine du seuil le plus faible de la sensation. Si la stimulation continue à augmenter au-delà de la force qui donne naissance à la sensation minimale, la sensation n'augmente pas pendant un certain temps ; mais lorsque l'augmentation atteint un point déterminé, — vite ! une sensation nouvelle et plus forte fait son apparition. Une stimulation qui diffère d'une autre par moins qu'une quantité donnée, produit la même sensation ; mais si elle diffère par cette quantité, ou par une quantité plus élevée, elle produit une sensation de force différente. Cette quantité est « la moindre différence perceptible » ou le *seuil* de la différence.

Il est vrai que beaucoup qui parlent du « seuil » n'y attachent pas une définition aussi précise ; mais c'est là la définition vraie, et qui a été employée par les auteurs les plus consciencieux. Fechner alla même plus loin et déclara que toutes les différences minimales, dans une espèce quelconque de sensations, étaient des quantités égales, des unités de sensation, et c'est là-dessus qu'il a basé son système artificiel.

bilité donne lieu à des mouvements et des perceptions inexacts.

Ainsi, quoique nous soyons incapable de suivre complètement la trace de la cause de l'erreur variable, dans chaque catégorie de perception, et quoique la source dernière de la variabilité soit hors de notre portée, nous pouvons quand même ranger la variabilité de la perception et celle du mouvement sur la même ligne qu'une série universelle de faits. Tout ce qui précède semble assez évident, et indigne peut-être d'un long exposé ; l'excuse réside en ce fait que beaucoup de psychologues, tout en admettant la vérité de ces considérations, n'en adoptent pas moins des vues toutes contraires sur l'erreur de la perception.

Historiquement, l'étude de l'inexactitude de la perception a été dominée par une idée qui diffère beaucoup de la variabilité. L'idée dominante a été le *seuil* ainsi nommé, la *Schwelle* des auteurs allemands. Les premières études, comme celles de Weber, s'appuient sur ce fait que des stimulations très faibles, ou des différences très petites entre les stimulations, n'arrivent pas à être reconnues. Quoique le manque surprenant de correspondance entre les stimulations et les sensations qu'elles produisent ne soit pas la manifestation fondamentale de l'inexactitude, il attire cependant l'attention tellement qu'il a servi de base à toute l'étude. L'essai de systématiser cette idée du seuil, et de grouper autour tous les faits de l'inexactitude de la perception, a conduit à beaucoup de notions fausses auxquelles nous venons à peine d'échapper.

En précisant cette idée du seuil, elle prend la

forme suivante : si une stimulation, agissant sur un organe sensoriel quelconque, a moins de force qu'une certaine force définitive, elle ne produit aucun effet : une force inférieure à celle-ci est comme si elle n'existait pas ; cette force-là seule est capable de produire une sensation. Il se peut que l'organe périphérique reçoive une stimulation plus faible, et que les nerfs sensoriels en transmettent l'effet au cerveau, mais il n'en résulte nulle conscience, nulle perception. C'est la doctrine des « sensations minimales » ou la doctrine du seuil le plus faible de la sensation. Si la stimulation continue à augmenter au-delà de la force qui donne naissance à la sensation minimale, la sensation n'augmente pas pendant un certain temps ; mais lorsque l'augmentation atteint un point déterminé, — vite ! une sensation nouvelle et plus forte fait son apparition. Une stimulation qui diffère d'une autre par moins qu'une quantité donnée, produit la même sensation ; mais si elle diffère par cette quantité, ou par une quantité plus élevée, elle produit une sensation de force différente. Cette quantité est « la moindre différence perceptible » ou le *seuil* de la différence.

Il est vrai que beaucoup qui parlent du « seuil » n'y attachent pas une définition aussi précise ; mais c'est là la définition vraie, et qui a été employée par les auteurs les plus consciencieux. Fechner alla même plus loin et déclara que toutes les différences minimales, dans une espèce quelconque de sensations, étaient des quantités égales, des unités de sensation, et c'est là-dessus qu'il a basé son système artificiel.

La non-existence du seuil, du moins du seuil de la différence, a été prouvée par l'expérience. La preuve en est contenue dans les faits suivants :

Des différences plus petites qu'on ne peut clairement percevoir c'est-à-dire des différences plus petites que le seuil, peuvent néanmoins influencer la perception. Si deux stimulations, qui diffèrent si peu que le sujet les croit égales, lui sont présentées successivement, et qu'on lui demande au moins de deviner laquelle des deux est la plus grande, il devine juste dans plus de la moitié des cas[1]. Si les deux stimulations avaient des effets de perception absolument identiques, les réponses seraient faites tout à fait au hasard, et à la longue, on arriverait à en donner de bonnes, une fois sur deux ; du moment qu'on en donne plus que cette proportion, il est prouvé que la perception est guidée par la différence des stimulations. Nulle différence des stimulations n'est peut-être aussi faible, pour ne pas produire la moindre différence dans la conscience. Plus la différence entre les stimulations est grande, plus grande est la différence des sensations, ainsi qu'il ressort de la plus grande proportion de jugements justes. Lorsque la différence augmente beaucoup, le jugement devient toujours exact, en pratique ; et cependant il n'y a pas de point déterminé où l'exactitude complète soit atteinte. Le changement de la perception, tout comme celui de la stimulation, est continu.

Ces faits ont été démontrés, et l'importance en a

1. Cela suppose l'élimination de l' « erreur constante ».

été précisée par Pierce et Jastrow[1]. — Ils ont été confirmés par Fullerton et Cattell[2], qui ont de plus montré l'ambiguïté du terme : « la moindre différence perceptible ». Il communique des significations différentes aux différents sujets; pour les uns cela signifie une différence qui peut être perçue avec la plus grande certitude ; pour les autres, une différence qui peut à peine être sentie, et pas même toujours.

Un autre fait qui détruit la doctrine des seuils est leur inconstance même. Une fois, un sujet distingue à peine la différence entre 30 et 35 grammes, et une autre fois, il distingue clairement 30 grammes de 32. En d'autres mots, loin d'être une quantité fixe, conformément à la définition, le seuil est une quantité très variable.

Il n'y a donc pas de seuil de différence, au sens propre du mot. Une différence, très petite même dans les stimulations, cause une différence de sensations, et même de grandes différences, qui sont presque toujours perçues, peuvent tout d'un coup échapper à la perception d'une façon inexplicable.

Ces objections s'appliquent d'abord au seuil de différence ; mais elles se rapportent probablement avec la même force à la doctrine des sensations minimales. Si nous considérons un essai quelconque fait pour déterminer la stimulation minimale, — comme par exemple les déterminations de Goldscheider sur les mouvements passifs les moindres per-

1. On Small Differences in Sensation. *National Academy of Sciences*. Washington, 1884, III.

2. *On the Perception of Small Differences*, p. 36, 41.

ceptibles[1] — nous verrons que les valeurs obtenues dans des expériences successives, diffèrent beaucoup entre elles.

Le défaut fondamental de *la doctrine du seuil* est de négliger et de nier même la variabilité de la perception. Lorsque les valeurs déterminées diffèrent l'une de l'autre, leur *moyenne* a souvent été regardée comme le seuil même. Mais une moyenne n'a rien à voir là-dedans, le seuil ayant la prétention d'être une quantité définie, tandis qu'une moyenne est la représentante d'une variable. La doctrine du seuil a voulu considérer l'inexactitude comme constante ; en réalité l'inexactitude de la perception — et tout aussi bien celle du mouvement — est surtout une expression de la variabilité de ces processus.

1. Voir plus haut, p. 85.

CHAPITRE VI

ERREURS CONSTANTES ET ILLUSIONS DANS LA PERCEPTION DU MOUVEMENT

Nous n'employons pas ici le terme d'erreur constante, comme décrivant exactement les faits dont nous allons traiter, mais à cause de l'usage historique. Le défaut de ce terme est que les erreurs ne sont réellement pas constantes. Différentes personnes dans la même situation montrent des erreurs constantes opposées, et même une seule personne peut passer d'une erreur constante à l'erreur opposée. Et même lorsque l'erreur est uniforme comme direction, elle varie comme grandeur. Quelle que soit la cause qui produise une « erreur constante », cette cause participe de la propriété de tous les phénomènes vitaux, de la *variabilité*.

Une erreur constante est une forme d'*illusion* ; c'est une illusion de quantité. Le terme *illusion* est employé pour les grandes erreurs frappantes ; les erreurs qu'on appelle constantes, sont souvent si petites et si fluctuantes qu'elles ne peuvent être démontrées que par les moyennes de beaucoup d'essais.

Rappelons brièvement quelles sont les erreurs constantes et les illusions qui sont décrites dans la littérature du mouvement.

La plus frappante de toutes est l'illusion du poids d'après l'aspect de l'objet, décrite par Charpentier[1]. De deux objets ayant le même poids, mais de volumes inégaux, le plus volumineux semble le plus léger. La différence de volume doit évidemment être vue ou sentie, pour que l'illusion se produise.

Une autre illusion du poids a été citée par Müller et Schumann[2]. Un poids léger semble extra-léger, s'il est introduit à la place d'un poids lourd, auquel nous étions accoutumés.

Plusieurs erreurs constantes ont été découvertes dans la perception de l'étendue. Ainsi :

Un mouvement rapide semble plus court qu'un mouvement égal, mais lent.

Un mouvement exécuté avec le bras droit semble plus long à certains droitiers, et plus courts à d'autres, qu'un mouvement exécuté avec le bras gauche. Cette erreur de l'asymétrie bilatérale n'apparaît pas dans toute sa force, excepté lorsque les mouvements des deux bras sont simultanés.

Un mouvement de la jambe paraît ordinairement plus court qu'un mouvement égal du bras. Il semble aussi plus faible qu'un mouvement également fort du bras.

Des mouvements de même étendue semblent plus longs dans certaines positions ou directions que dans d'autres. Les mouvements de la portion moyenne du balancement d'un bras semblent plus courts que les mouvements égaux du commencement ou de la

1. Voir plus haut, p. 140 et suiv.
2. Voir plus haut, p. 122 et suiv.

fin du balancement. Un mouvement de la main du front vers le corps semble plus long qu'un égal mouvement latéral.

En général — quoique cet exposé anticipe sur notre explication sur l'illusion — un mouvement libre semble plus court qu'un mouvement également long, qui est contraint.

Certaines illusions qu'on pourrait facilement prédire, n'apparaissent pas avec régularité. On s'attendrait à ce que des jugements illusoires sur l'étendue, résultent de la variation de la résistance rencontrée par le mouvement. Et, en effet, HALL et HARTWELL[1] ont trouvé que les mouvements contraires à la gravité étaient sur-appréciés et les mouvements aidés par la gravité, sous-appréciés. Mais DELABARRE[2] a trouvé qu'il ne résultait point d'erreur constante du changement de résistance. On trouve la même divergence de résultats comme réponse à la question, si le mouvement passif est sous-apprécié lorsqu'il est comparé avec un actif.

Une autre illusion qui manque, signalée et découverte par MÜNSTERBERG[3], est, dans le fait que des mouvements latéraux de la main, exécutés avec le bras entièrement fléchi vers la poitrine, ne sont pas sur-appréciés en rapport aux mouvements latéraux, exécutés avec le bras complètement tendu, quoique la rotation angulaire de la jointure de l'épaule soit beaucoup plus grande dans le premier. La tendance

1. *Mind*, 1884, IX, 93-109.
2. *Op. cit.* Voir aussi *Bloch*, plus haut, p. 98.
3. Voir plus haut, p. 110.

à l'illusion, ici, comme dans beaucoup d'autres situations, doit avoir été corrigée par l'expérience.

A côté de toutes ces erreurs particulières, il y a l'erreur qui apparaît dans toutes sortes de mouvements, aussi bien que dans d'autres genres de perception : l'erreur de temps.

Fechner le premier a attiré l'attention sur cette sorte d'erreur constante. En essayant de mesurer l'exactitude de la perception par la méthode des « cas exacts et inexacts », il a trouvé qu'une paire de poids donnés, par exemple, pouvaient plus souvent être distingués l'un de l'autre lorsque le plus lourd était soulevé après le plus léger, que lorsqu'il était soulevé avant. Pour éviter cette difficulté, il a fait un nombre égal d'expériences dans les deux sens, ou dans tous les sens possibles, et il a combiné les résultats de façon à éliminer l'effet de l'ordre. Il alla plus loin et obtint une mesure pour cet effet. Il a trouvé une conception précise de l'erreur constante : elle était équivalente à l'addition subjective au poids type, ou à la soustraction du même poids. L'erreur de temps, c'est-à-dire l'erreur constante due à la succession d'une stimulation après une autre, fut nommée *positive,* lorsqu'elle était équivalente à une addition subjective au premier stimulant donné, et *négative,* lorsqu'elle était équivalente à la soustraction subjective du premier stimulant.

Si les expériences sont faites par la méthode des erreurs moyennes, l'erreur de temps ou toute erreur constante apparaît facilement. Si en essayant de faire le second des deux mouvements égal au premier, et qu'habituellement on le fasse trop long, l'erreur de

temps est positive. On a sur-apprécié le premier mouvement, et on l'a exagéré dans la reproduction.

L'erreur de temps a été étudiée par presque tous les écrivains cités dans le troisième chapitre et pour ce qui est du mouvement, les résultats sont plutôt concordants. On a trouvé ordinairement que l'erreur de temps était positive pour les plus petites amplitudes et négative pour les plus grandes. A un certain point de l'amplitude, appelé *point d'indifférence,* l'erreur de temps doit être zéro. Mais comme pour la situation de ce point il y a peu d'accord entre les différents observateurs ou entre les différentes personnes sur lesquelles les différents observateurs ont expérimenté.

Ainsi dans la perception des poids soulevés, Wreschner a localisé le point d'indifférence dans les environs de 1 200 grammes ; au-dessous, l'erreur de temps était positive et au-dessus, négative. D'un autre côté, sur les 9 personnes examinées, Fullerton et Cattell ont trouvé que chez 7 personnes l'erreur de temps était négative à 100 grammes.

Dans la perception de la force, les mêmes auteurs ont trouvé que le point d'indifférence se trouvait entre 200 et 400 grammes chez deux personnes, et entre 800 et 1 600 chez une seule, et au-dessus de 1 600 chez deux autres.

Dans la perception de l'étendue, Jastrow a trouvé le point d'indifférence à environ 120 millimètres ; Münsterberg, entre 100 et 200 ; Delabarre, entre 300 et 500 ; Fullerton et Cattell, à 100, chez une personne ; à 300, chez une autre, et à 600, chez une troisième.

Enfin, dans la perception du temps, l'erreur est

encore plus inconstante. Si l'on ne compare que deux intervalles, ou si l'intervalle présenté n'est reproduit qu'une seule fois, la même règle se maintient que dans les autres formes de perception : l'erreur de temps est positive pour de petits intervalles et négative pour de longs, avec un point de transition variable. Mais lorsque l'intervalle présenté sert de type pour une longue série de reproductions, les intervalles courts sont accélérés, et les longs, ralentis[1]. Ainsi en reproduisant la durée de mouvements continus, l'erreur est négative pour les mouvements les plus rapides, et positive pour les plus lents[2].

La perception du temps dans les mouvements est donc en partie exceptionnelle. La seule règle invariable qu'on puisse formuler par rapport à l'erreur de temps, est la variabilité du point d'indifférence.

Les expériences postérieures ont montré que la conception fechnérienne de l'erreur de temps, n'est pas capable de comprendre tous les effets de l'ordre temporel sur la perception. On a découvert d'autres erreurs de temps, qui ne peuvent être conçues comme une addition constante à la première grandeur, ni comme une soustraction de cette même grandeur. Ainsi lorsqu'on compare un poids fixé comme type avec plusieurs autres poids, certaines personnes sont plus exactes, lorsque le poids fixé précède toujours l'autre. D'autres personnes préfèrent au contraire que le poids fixé suive[3].

1. Voir plus haut, p. 115.
2. Fullerton et Cattell. Voir plus haut, p. 115.
3. Voir Martin et Müller, ainsi que Wreschner, plus haut, pp. 127, 139.

Il nous reste maintenant à assigner autant que possible à quelles *causes* se rapportent ces différentes erreurs. La tâche est difficile, peu d'essais ayant été faits pour analyser expérimentalement les erreurs constantes, de façon à en démontrer les causes.

En tenant compte de cette absence de preuves expérimentales, on peut à peine faire plus que d'indiquer quelques-uns des facteurs qui, certes, contribuent à la production de ces erreurs.

Il est certain qu'un facteur dans la production des illusions et des erreurs constantes de perception se trouve dans les tendances qui sont primitivement *motrices*. On voit une telle tendance motrice dans les effets de l'habitude. Le pied fait habituellement des mouvements plus longs et plus forts que la main ; cette habitude persistant même lorsque nous avons l'intention de faire des mouvements égaux avec les deux membres, donne lieu à une erreur constante. On peut obtenir de semblables inégalités entre la main droite et la main gauche ; quoiqu'en jugeant d'après les erreurs constantes observées, l'habitude motrice peut différer grandement chez différentes personnes. Les mouvements longs et vifs sont plus habituels dans le milieu du balancement du bras qu'à l'une des extrémités ; c'est probablement en partie la raison pour laquelle le milieu du balancement donne des mouvements plus longs, même lorsqu'on a l'intention de les rendre égaux. Une somme d'habitude, même légère, à une différence donnée du mouvement, peut temporairement *ajuster* le système moteur de façon que les mouvements gardent encore cette différence, lorsqu'on a l'intention de les rendre égaux.

Voyons ce qui résultera si nous interprétons *l'erreur de temps* aussi comme un effet moteur. Dans une bonne condition de l'appareil moteur, le second mouvement tend à dépasser le premier ; dans des conditions de fatigue, le second mouvement est plus court. Ce sont sans doute des faits physiologiques, établis tous deux par des expériences faites sur des muscles isolés soumis à la stimulation électrique et par des expériences ergographiques sur des contractions musculaires volontaires. Le système central nerveux, aussi bien que les muscles, est probablement sensible à ces effets opposés de l'activité. Le premier effet de l'activité du protoplasme est d'augmenter son irritabilité et sa force agissante ; une activité excessive prolongée, diminue cette irritabilité et cette force.

Dans cette tendance motrice générale, on tient compte de l'erreur de temps positive, c'est-à-dire de la tendance à faire le second mouvement plus long ou plus fort que le premier. Le premier mouvement agit comme un stimulant sur le système moteur, et le second mouvement en montre l'effet. L'erreur de temps négative peut, croit-on, être expliquée de même par la fatigue, et cette supposition semble être née du fait que l'erreur négative se montre dans des mouvements longs ou forts, et l'on suppose donc que ceux-ci suffisent à fatiguer les muscles et les centres nerveux.

Il est indubitable que cette dernière supposition est fausse. Une seule contraction, fût-elle de force maximale, ne fatigue pas, mais agit comme stimulant ; les expériences ergographiques le prouvent clairement. Et l'erreur de temps négative apparaît long-

temps avant que les mouvements aient atteint l'étendue ou la force maximales. D'ailleurs, si l'erreur négative était l'effet de la fatigue, elle deviendrait plus prononcée durant une expérience d'une heure, ce qu'on a essayé de prouver, sans y arriver[1].

Quoique le facteur moteur aide donc à produire l'erreur de temps positive, nous ne pouvons pas, quant à présent, montrer comment il peut tendre à l'erreur négative.

Le facteur moteur seul ne peut expliquer l'illusion ou l'erreur constante de la perception. Admettons qu'une tendance purement motrice fasse qu'un mouvement excède un autre. Pourquoi cet excès ne peut-il être perçu ou empêché? Une erreur constante de perception est perceptionnelle.

Il faut considérer avant tout que lorsque nous avons l'intention de faire des mouvements égaux, nous les supposons tels, à moins d'être informés du contraire par une évidence sensorielle certaine. De même, une personne qui essaie de remuer un membre anesthésié, croit qu'elle le meut en réalité[2].

Il y a en outre un facteur périphérique qui empêche la perception de ces inégalités motrices. L'inégalité dans le mouvement est souvent accompagnée d'une inégalité semblable de sensation. Le mouvement qui est plus libre, et tend à être plus étendu, produit moins de sensation par unité d'étendue. Le mouvement de la jambe, qui tend par la force de l'habitude, à dépasser le mouvement du bras, trahit

1. Voir plus haut, pp. 117, 128, 139.
2. Voir plus haut, pp. 17, 34.

moins ses mouvements par des sensations. Un mouvement rapide, qui tend à en dépasser un faible, est moins ressenti. On peut dire la même chose des autres erreurs qui résultent des différences dans la position ou la direction du mouvement. En général, plus le mouvement habituel d'un membre est long et fort, moins ses mouvements faibles sont ressentis.

Ce *facteur sensoriel,* dans la genèse des erreurs constantes et des illusions, peut paraître le seul digne d'être reconnu. Et nous devons admettre que si le facteur moteur est trahi par les sensations, il ne peut pas tromper la perception. Cependant, l'erreur est souvent une erreur de mouvement primitivement, et la sensation n'est simplement pas assez fine pour la découvrir.

Les facteurs centraux jouent aussi un rôle. L'*attention* accordée à un mouvement sert à le sur-apprécier par rapport à un mouvement auquel on a accordé moins d'attention. Cet effet n'est pas dû entièrement à une plus grande finesse de la sensation vers laquelle est dirigée l'attention ; c'est en partie un effet moteur, car l'attention accordée à un mouvement en diminue la vitesse et aide ainsi à sa sur-appréciation[1]. L'erreur d'asymétrie bilatérale est probablement un effet de la division de l'attention[2].

Les émotions peuvent aussi influencer l'étendue et la force du mouvement. Les émotions qui égaient augmentent le mouvement, les émotions déprimantes le diminuent. Il est possible que ces influences

1. Voir Delabarre, plus haut, p. 103.
2. Voir plus haut, p. 102.

agissent parfois avec une régularité suffisante pour produire une erreur constante. Supposons, par exemple, qu'une personne soit désagréablement affectée par l'expérience ; le premier des deux mouvements éveillera un état émotionnel qui tend à diminuer l'étendue ou la force du second mouvement. Si, au contraire, l'expérience lui est agréable et la stimule, le second mouvement tendra à dépasser le premier. Ainsi l'erreur de temps positive et la négative peuvent être, en partie du moins, un effet de l'émotion.

Cette opinion fût-elle exacte ou illusoire, je désire appeler l'attention sur quelques faits qui s'y rapportent.

D'abord, l'influence des émotions sur la force des contractions musculaires et leur effet dissolvant sur l'exactitude du mouvement sont des faits qui ne peuvent échapper à l'observation.

En second lieu, il y a en littérature suffisamment d'allusions qui indiquent que les mouvements exécutés étaient réellement agréables ou désagréables à la personne qui les exécutait.

Troisièmement, dans beaucoup d'exemples, les erreurs constantes observées sont en accord avec l'effet émotionnel probable. De deux mouvements lents, le second tend à être plus lent que le premier, tandis que de deux mouvements rapides, le second tend à être le plus accéléré. Les mouvements lents sont plutôt déprimants, tandis que les rapides sont distinctement stimulants. Ainsi, un mouvement lent, par son ton émotif, tend à faire le second mouvement encore plus lent, et un mouvement rapide agit comme stimulant. Par exemple, une

musique, lente et douce, peut être rendue plus traînante encore par l'exécutant, tandis qu'une musique vite est apte à être indûment accélérée.

Les sensations fortes de mouvement sont souvent désagréables et leur effet naturel et presque réflexe est de modérer le mouvement. De cette façon, une contraction musculaire puissante, l'élévation d'un poids lourd, ou un mouvement étendu avec le bras, peut, à cause des sensations désagréables produites, affaiblir le second mouvement. L'erreur de temps négative dans la perception des mouvements larges entre ainsi en ligne de compte, en partie du moins ; et l'erreur positive des mouvements faibles peut être le résultat des sensations stimulantes engendrées par ces mouvements.

Ce facteur émotif diffère beaucoup du facteur moteur, déjà mentionné, et pour lequel l'effet stimulant ou déprimant se rapportait à l'activité des centres moteurs et des muscles ; ici, cet effet est attribué aux sensations dont l'origine est aux périphéries. Un seul mouvement fort ne fatigue pas les organes qui l'exécutent, mais il peut produire des sensations désagréables qui agissent d'une façon réflexe pour diminuer le mouvement suivant.

L'association est encore un autre facteur dans la production de l'erreur constante. Lorsqu'on compare les mouvements de différents membres, ou des mouvements dans différentes positions ou directions, quoiqu'il y ait primitivement des quantités de sensations à comparer, cependant les sensations diffèrent tellement comme qualité que la comparaison demeure vague. Dans ces cas, une comparaison déterminée

est possible seulement par association, et peut être par l'intermédiaire de la vue. Mais pendant le processus de l'association, différentes erreurs constantes peuvent apparaître ; par le fait de l'association, une illusion naturelle, basée sur les inégalités de la sensation, ou sur la motion habituelle, peut être corrigée en trop, et l'on retombe dans l'erreur contraire.

Des facteurs sensoriels, des facteurs moteurs, des facteurs émotifs, des facteurs de l'attention et de l'association, — nous sommes sûrs de la réalité de chacun, quoique nous ne puissions cependant pas mesurer l'influence de chacun d'entre eux, dans la composition d'une erreur constante quelconque. Par chacun de ces facteurs, la perception du mouvement, aussi bien que l'exécution du mouvement, sont détournées dans une direction déterminée.

CHAPITRE VII

LA QUESTION DE LA LOI DE WEBER DANS LA PERCEPTION DU MOUVEMENT

Quoique nous employons le terme familier de *loi* de Weber, nous désirons le considérer plutôt comme une hypothèse ; nous désirons collationner et examiner les faits, et voir si oui ou non la formule de Weber exprime les relations réelles entre la finesse de la perception et la grandeur du mouvement perçu.

On ne peut mettre en doute le fait fondamental que l'exactitude de la perception diminue avec l'augmentation de la grandeur perçue. En dépit de quelques exceptions, ce fait est suffisamment général pour être considéré comme une loi, et souvent on l'appelle la loi de Weber. Mais cette loi est plus explicite, et les rapports qu'elle suppose, plus exacts. Dans sa forme originale, elle affirme que la moindre addition perceptible à une stimulation, augmente dans la même proportion que la stimulation ; ou en termes d'erreur variable, cette erreur est directement proportionnelle à la grandeur de la stimulation.

Il s'agit donc de savoir si la moindre différence perceptible, ou l'erreur variable, augmente de cette façon exacte, ou aussi près qu'on peut raisonnable-

ment l'attendre des expériences psychologiques. Cette question devient encore plus importante si l'on se souvient qu'une formule alternative se trouve dans le domaine, selon laquelle l'augmentation typique de l'erreur variable est beaucoup plus faible que ne l'exige la loi de WEBER. La formule proposée par FULLERTON et CATTELL[1] fait augmenter l'erreur comme la *racine carrée* de la stimulation. Théoriquement, cette formule est tout aussi satisfaisante que l'autre ; il s'agit de savoir laquelle exprime les faits plus correctement.

A cause de la grande attention qu'on a accordée à la loi de WEBER, et aussi à cause de l'habitude qu'on a prise de la considérer comme certaine, je présente ici, sous une forme condensée, les données numériques réelles, dont on peut se servir pour essayer les deux formules dans la sphère du mouvement.

On peut présenter les données sous une forme plus condensée, en termes de *rapport* entre la différence la moins sensible, ou erreur moyenne et l'amplitude du mouvement. Conformément à la loi de WEBER, il y aurait dans chaque sorte de perception, un seul rapport déterminé, le même pour toutes les amplitudes. Conformément à la loi de la racine carrée, le rapport serait moindre, lorsque l'amplitude augmenterait ; ou plus exactement, le dénominateur du rapport serait proportionnel à la racine carrée de l'amplitude perçue.

Par exemple, dans les expériences de FALK, sur la

1. *On the Perception of Small Differences*, p. 23-26 ; de même dans l'*American Journal of Psychology*, 1893, V, 285.

perception de l'étendue du mouvement[1], l'erreur variable pour chaque longueur type était comme il suit :

Type en millimètres. . .	10	25	50	100	200
Erreur variable. . . .	0,85	1,40	1,65	2,50	4,25

Nous remarquons que l'erreur augmente comme valeur absolue lorsque la mesure type augmente. Cette augmentation suit-elle la loi de Weber? Si oui, le rapport obtenu en divisant chaque erreur par sa mesure type ou unité, serait constant ; en faisant ces divisions, nous trouverons les séries suivantes de rapports :

Unité.	10	25	50	100	200
Rapport.	1/12	1/18	1/30	1/40	1/47

Le rapport n'est pas constant, mais il diminue à mesure que l'unité augmente. L'exactitude relative est plus grande pour la perception des mouvements longs que pour la perception des courts. La loi de Weber ne se maintient donc pas ici.

Pour voir si la formule de la racine carrée peut expliquer ces faits, nous devons calculer comment chaque rapport s'accorderait avec cette formule. Nous prenons un des rapports réels comme base, et nous en évaluons les autres suivant la formule. Nous pourrons alors voir si le rapport réel et le rapport que nous venons d'evaluer s'accordent. Pour l'uniformité, je prendrai comme base le rapport obtenu

1. Voir plus haut, p. 92 pour la description de l'appareil et du procédé.

avec *la plus petite* unité. Dans le cas actuel, les rapports évalués sont les suivants :

Unité en millimètres.. .	10	25	50	100	200
Rapport réel.	1/12	1/18	1/30	1/40	1/47
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée.	»	1/19	1/27	1/38	1/54

La formule de la racine carrée se rapproche donc beaucoup de la vérité.

Fullerton et Cattell[1] ont aussi essayé d'appliquer la loi de Weber à la perception de l'étendue du mouvement. Les rapports des erreurs variables remarquées, à leur unité d'étendue, exprimés en décimales, et les rapports évalués selon la formule de la racine carrée, sont les suivants :

Unité en millimètres.. . .	100	300	500	700
Rapports observés.. . . .	0,053	0,029	0,019	0,013
Rapports évalués d'après la formule de la racine carrée.	»	0,031	0,024	0,020

Chez une autre personne :

Rapports observés.. . . .	0,114	0,070	0,045	0,024
Rapports évalués. . . .	»	0,066	0,051	0,043

Et chez une troisième :

Rapports observés. . .	0,162	0,087	0,063	0,037
Rapports évalués. . . .	»	0,094	0,073	0,062

Quoique ces trois personnes aient beaucoup différé quant à l'exactitude — la première étant beaucoup

1. Voir plus haut, p. 93.

plus exacte que les deux autres — les variations dans les rapports sont cependant très semblables chez toutes les trois. La loi de Weber ne se maintient pas ; le rapport décroît même plus vite que la formule de la racine carrée ne l'exige.

Lorsque la perception est rendue la plus aisée possible, en stipulant que les mouvements finiraient à une ligne visible, l'erreur dans la seule *production* du mouvement dépendra de la longueur du mouvement. Elle augmentera avec l'augmentation de l'étendue du mouvement, mais pas aussi vite. La relation trouvée par l'auteur[1] était la suivante : (Les rapports donnés sont les moyennes des résultats des trois personnes étudiées, et dont les erreurs concordaient).

Unité en millimètres. . . .	50	100	150	200
Rapport observé.	0,032	0,028	0,026	0,022
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée.	»	0,023	0,019	0,016

Dans la production du mouvement, la vérité se trouve donc entre les exigences des deux formules ; tandis que pour la perception de l'étendue, la vérité est plus rapprochée de la formule de la racine carrée. La loi de Weber ne se maintient pas dans la perception de l'étendue du mouvement. La formule de la racine carrée peut être acceptée ici comme l'expression approximative de la vérité.

Les seules expériences sur le *temps* et la *force* du mouvement, dont on puisse se servir, sont celles de

1. The Accuracy of Voluntary movement, p. 64.

FULLERTON et CATTELL[1], qui ont employé la méthode de l'erreur moyenne.

Pour le *temps* les résultats sont les suivants :

Unité en secondes.. . . .	1/8	1/4	1/2	1
Rapport observé.	0,115	0,112	0,104	0,100
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée.	»	0,087	0,068	0,044

Ici la vérité se rapproche davantage de la loi de WEBER que de la formule de la racine carrée. C'est le rapprochement le plus étroit que nous ayons trouvé avec la loi de WEBER. La déviation se produit ici aussi dans la direction habituelle : le rapport diminue à mesure que l'amplitude augmente.

Les rapports trouvés pour la perception de la *force* étaient :

Unité en kilog..	2	4	8	16
Rapport observé.	0,093	0,074	0,054	0,029
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée.	»	0,966	0,047	0,033

L'approximation à la formule de la racine carrée est ici assez étroite, tandis que la divergence d'avec la loi de WEBER, est très marquée.

Plusieurs auteurs ont essayé d'appliquer la loi de WEBER à la perception des *poids*.

WEBER lui-même[2] a été conduit à formuler la loi qui porte son nom, par les résultats des expériences faites sur la différence la moins perceptible dans les

1. Voir plus haut, pp. 113, 116.

2. Dans le *Handwörterbuch der Physiologie* de WAGNER, 1846, Bd. III, Abth. 2, p. 511 et suiv.

poids. Ses expériences sont inexactes, au point de vue moderne, et nous ne les citerons pas en détail. Elles montrent une diminution relative dans la différence la moins perceptible, lorsque le poids augmente. Le rapport de la moins perceptible différence à l'amplitude perçue était de 1/16 à 32 drachmes et de 1/21 à 32 onces.

Biedermann et Lowit [1] ont fait sous la direction de Hering une longue série d'expériences du même genre, par la méthode de la moins perceptible différence. Les rapports trouvés furent les suivants :

Unité en grammes. . .	250	500	750	1 000	1 250
Rapport observé. . . .	0,048	0,026	0,017	0,015	0,013
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée.	»	0,034	0,028	0,024	0,022

Unité en grammes. .	1 500	1 750	2 000	2 250	2 500	2 750
Rapport observé. . .	0,011	0,011	0,010	0,010	0,009	0,010
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée. . . .	0,020	0,018	0,017	0,016	0,015	0,014

La divergence d'avec la loi de Weber est assez marquée. Le rapport diminue même plus rapidement que ne l'exige la formule des racines carrées. Le résultat est cependant douteux. La méthode de la moins perceptible différence n'est jamais juste, et ces auteurs n'ont considéré que les *additions* à l'unité de poids, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas tenu compte des

1. Voir plus haut, p. 119.

erreurs constantes. Si l'erreur constante était, comme d'habitude, positive pour les poids légers, et beaucoup plus petite pour les plus lourds, ils ont obtenu de trop grandes différences avec les additions seules, pour les petits poids, et leurs rapports ont différé de la loi de Weber plus qu'il n'aurait fallu.

Fechner a mis à l'épreuve la loi de Weber par la méthode des cas exacts et inexacts. Pour exprimer ses résultats sous la même forme que les autres, il m'a fallu évaluer les erreurs moyennes conformément à la courbe des probabilités[1]. Les rapports sont les suivants :

D'abord, dans les « séries à deux mains » (l'un des deux poids qu'on devait comparer était soulevé avec chaque main).

Unité en grammes. .	300	500	1 000	1 500	2 000	3 000
Rapport observé. . .	0,113	0,118	0,093	0,079	0,073	0,069
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée. . . .	»	0,087	0,062	0,050	0,044	0,036

Ensuite, les résultats dans « les séries à une main » (les deux poids étaient soulevés successivement avec

1. Les résultats de Fechner sont résumés dans la *Psychophysik*, édit. de 1889, I, 193, tables VI et VII. Les chiffres donnés dans ses tables sont réciproquement proportionnels à l'erreur moyenne ; pour trouver l'erreur moyenne, ou plutôt ses rapports à l'unité de poids, il faut diviser la différence employée (D = 0,04 ou 0,08 de l'unité), par le chiffre donné dans la table, et multiplier le résultat par 0,56. Cela a été fait séparément pour les deux différences employées par Fechner, et la moyenne des deux résultats est présentée ici.

la même main ; le résultat donné est la moyenne des deux mains).

Unité en grammes. .	300	500	1 000	1 500	2 000	3 000
Rapport observé. . .	0,074	0,078	0,069	0,059	0,059	0,055
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée. . . .	»	0,057	0,040	0,033	0,029	0,023

Dans les deux séries, la vérité se trouve entre les deux formules proposées ; dans la série à une main, les séries se rapprochent approximativement davantage de la loi de Weber, dans la série des deux mains, davantage de la formule de la racine carrée.

Merkel[1] est revenu à la méthode de la moins perceptible différence. Dans les séries d'expériences qu'il a faites — toutes sur lui-même, — quelques-unes déviaient plus que d'autres de la loi de Weber. Les suivantes sont les extrêmes.

D'abord la série qui concorde le plus avec la loi.

Unité en grammes. .	1	2	5	10	20	50
Rapport observé. . .	0,343	0,273	0,222	0,184	0,156	0,137
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée. . . .	»	0,244	0,154	0,109	0,077	0,049
Unité en grammes. .	100	200	500	1 000	2 000	4 000
Rapport observé. . .	0,118	0,092	0,088	0,087	0,092	0,065
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée. . . .	0,034	0,024	0,015	0,011	0,008	0,006

1. Voir plus haut, p. 134.

Ensuite, la série qui s'écarte le plus de la loi :

Unité en grammes. .	1	2	5	10	20	50
Rapport observé. . .	0,180	0,142	0,114	0,091	0,075	0,061
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée. . . .	»	0,130	0,080	0,060	0,040	0,026
Unité en grammes. .	100	200	500	1 000	2 000	4 000
Rapport observé. . .	0,050	0,052	0,046	0,050	0,037	0,015
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée. . . .	0,018	0,013	0,008	0,006	0,004	0,003

Dans chaque cas, la divergence d'avec la loi de WEBER est très grande. Au lieu de demeurer constante, le rapport décroît à 1/5 ou même 1/12 de sa valeur à 1 gramme. La divergence d'avec la formule de la racine carrée est considérable aussi.

JACOBI [1] a fait d'autres séries d'expériences, d'après les différences les moins perceptibles, sur cinq sujets ; en voici les moyennes :

Unité en kilog. . . .	0,5	1	2	3	4
Rapport observé. . . .	0,238	0,233	0,141	0,111	0,091
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée	»	0,170	0,119	0,099	0,085
Unité en kilog. . . .	5	6	7	8	9
Rapport observé. . . .	0,086	0,083	0,073	0,056	0,045
Rapport évalué d'après la formule de la racine carrée.	0,077	0,069	0,065	0,060	0,057

1. *Archiv für exp. Path. und Pharm.*, XXXII, 67. Voir plus haut, p. 135.

La vérité se rapproche davantage de la formule de la racine carrée. Nous pouvons faire ici la même critique qu'à Biedermann et Lowit : Jacobi n'a déterminé que la moins perceptible *addition* à chaque unité, qui est probablement exagérée, dans le cas des unités plus petites, par l'erreur constante positive.

Woodworth et Thorndike[1] ont recherché comment se comportait la loi de Weber dans l'acte familier de l'appréciation du poids des objets. Au lieu de comparer deux poids donnés, ils ont soulevé un seul objet, et essayé d'en rendre le poids en grammes. L'objet soulevé a été comparé avec une unité mentale. Il faut à peine donner les résultats numériques, l'erreur croissant plus lentement, même, que ne l'exigerait la formule de la racine carrée.

Le résultat uniforme de toutes les expériences sur la perception des poids est donc contraire à la loi de Weber. Le rapport ne demeure jamais constant, mais diminue à mesure que le poids augmente. Dans quelques séries la proportion de la décroissance est presque celle que la formule de la racine carrée exige ; dans la plupart des séries, elle est inférieure.

On a essayé d'appliquer quand même la loi de Weber à la perception des poids, en supposant que le poids effectif du bras serait ajouté à celui de chaque objet soulevé ; le rapport diminuerait alors davantage, pour les poids légers, et la déviation d'avec la loi de Weber est partiellement écartée.

1. Judgements of Magnitude by Comparison with a Mental Standard. *Psychol. Review*, 1900, VII, 344-355.

Mais en tenant exactement compte du poids du bras, JACOBI a trouvé que cela ne suffirait pas ; un poids constant de 25 kilogrammes doit encore être ajouté au poids soulevé, *plus* le poids du bras, pour maintenir la loi de WEBER. Que sont donc ces 25 kilogrammes extra ? JACOBI suppose qu'ils représentent la force nécessaire pour donner aux fibres musculaires une tension suffisante pour exercer même la moindre secousse du tendon. Rien ne vient à l'appui de cette supposition. La vérité claire, c'est que la loi de WEBER ne peut s'appliquer à la perception des poids soulevés.

Quels sont donc les résultats empiriques de cet aperçu ? Ils sont au nombre de trois :

1° L'erreur augmente d'habitude en valeur absolue, avec l'augmentation de la quantité du mouvement perçu.

2° L'erreur n'augmente *jamais* aussi rapidement que l'exige la loi de WEBER.

3° L'erreur augmente d'habitude un peu plus rapidement que ne l'exige la formule de la racine carrée ; mais cette formule rapproche davantage de la vérité que l'autre.

Notre long exposé n'aura pas été inutile, s'il arrive à convaincre le lecteur que la loi de WEBER, en ce qui concerne le mouvement, n'est pas l'expression de la vérité. Elle n'est pas vraie, au sens empirique du mot.

On pourrait supposer que la loi de WEBER est simplement déguisée par des conditions de second ordre, quoiqu'elle exprime une vérité fondamentale. Mais si les conditions fortuites de l'expérience empê-

chaient la loi de se manifester, les déviations à la loi seraient tantôt dans une direction et tantôt dans une autre ; tandis que, comme par un fait exprès, chaque résultat expérimental dévie dans la même direction. Le rapport décroît avec l'augmentation de l'amplitude perçue et n'augmente jamais. L'erreur augmente toujours trop lentement, jamais trop rapidement. La loi de Weber n'est donc pas cachée par la chance mais, si elle est typique, elle est cachée par certaines influences, qui agissent toujours dans une seule et même direction.

On a supposé qu'une telle influence est la stimulation nommée « résiduelle ». En dehors de la stimulation externe, un organe sensoriel peut être soumis à une stimulation constante, provenant de l'organe lui-même. La lumière de la rétine est l'exemple le plus connu. Pour avoir donc la mesure véritable de la stimulation, il faut ajouter la valeur de la stimulation interne, à la valeur de la stimulation externe. Les petites unités, prises comme types, augmenteront relativement plus que les grandes, et le rapport de l'erreur, ou de la différence la moins perceptible à l'unité, diminuerait relativement plus dans les cas des plus petites unités. Les résultats, ainsi corrigés, différeront évidemment moins de la loi de Weber, qu'avant la correction. Mais en ce qui concerne la perception des mouvements, la correction ne suffirait probablement pas pour que les résultats s'accordent avec la loi. Certainement, dans la perception des poids[1], le seul cas où l'on ait mesuré la

1. Voir p. 205.

stimulation « résiduelle », la correction n'est pas suffisante.

Il y a peut-être d'autres causes aux déviations de la loi de Weber observés ; mais il y a aussi des causes qui tendent dans la direction opposée. Si la loi de Weber était considérée comme norme, la déviation observée doit tenir à un équilibre des influences contraires. Et les influences inconnues, qui tendent vers la déviation observée, doivent être très fortes, du moment que les influences connues dans la direction opposée, sont elles-mêmes considérables.

Parmi ces influences, il y en a qui ont été regardées comme la base même de la loi de Weber ; la méthode employée a été de choisir une *influence,* comme la vraie cause de la loi de Weber, et de méconnaître les autres. Ainsi Fechner considère cette loi comme la relation finale entre le monde physique et psychique, interprétation qu'on a généralement rejetée, pour des raisons qui tombent sous nos sens. Wundt admet une base psychologique et n'en veut point d'autres ; par contre, d'autres auteurs admettent des bases physiologiques. Chacun allègue que la loi doit représenter l'action d'une cause fondamentale quelconque.

Il n'y a rien cependant qui plaide en faveur d'une cause exclusive. Les résultats empiriques ne montrent pas cette élégance mathématique, qui ressortirait d'un principe unique ; pas plus qu'on n'a déterminé le seul principe, d'où l'on puisse déduire la loi de Weber.

La vérité est simplement celle-ci : l'erreur de perception n'a pas la même valeur absolue, quelle que

soit l'amplitude perçue, mais elle augmente, lorsque l'amplitude augmente, mais pas aussi vite qu'elle ; dans les différentes sortes de perception, ou chez des individus différents, elle augmente dans des proportions différentes. Il n'y a donc pas de formule qui puisse être considérée comme une norme probable.

D'un autre côté, il y a plusieurs facteurs de perception tels qu'ils rendent l'erreur plus grande dans la perception des grandes amplitudes que dans la perception des petites. Ces facteurs ne s'excluent pas l'un l'autre ; plus d'un peuvent agir à la fois. Nous ne pouvons pas calculer, vu l'état de nos connaissances actuelles, quelle est l'influence de chaque facteur, c'est-à-dire que nous ne pouvons pas déduire une formule quelconque de l'assertion qu'un certain facteur agit.

Nous avons devant nous les données, qui résultent de l'expérimentation, il nous faut encore un aperçu sur les causes qui tendent à augmenter l'erreur de la perception, dans le cas des grandes amplitudes.

La cause psychique produite par Wundt est la relativité du processus mental. Cette relativité apparaît sous de nombreuses formes, qui semblent cependant n'avoir aucune connexité interne entre elles, la seule étant qu'elles portent le même nom. La seule relativité qui a le plus de ressemblance à la relativité de la perception, se trouve dans l'appréciation que nous faisons de la valeur des choses. Celui qui ne possède qu'une dizaine de francs en évalue un seul beaucoup plus qu'un millionnaire. Une économie de dix minutes a moins d'importance pour la traversée de

l'Atlantique que pour une promenade d'une demi-heure. Une erreur de quelques milligrammes, en pesant un produit chimique, est plus sérieuse qu'une erreur de quelques milliers de kilogrammes, dans le poids de la terre. Un pouce est une très petite mesure, mais pas lorsqu'on mesure le nez d'un homme.

Ayant l'habitude de négliger des erreurs et des différences relativement petites, nous ne leur accordons pas assez d'attention lorsque nous les percevons. Et comme dans chaque acte l'habileté dépend en grande partie de la pratique, nous sommes plus habiles à percevoir une différence donnée, ou à éviter une erreur, lorsque l'amplitude perçue est petite. C'est là une cause qui tend à augmenter l'erreur ou la moindre différence perceptible, dans le cas des grandes amplitudes.

Si l'attention que nous accordons aux amplitudes relatives pouvait être considérée comme le contrôle rigide de toutes nos perceptions, nous pourrions en déduire la loi de Weber. Wundt croit que cela se peut. Par hasard cette allégation peut être soumise à l'expérimentation. Si le principe de la relativité contrôle exactement le processus de la perception et du jugement, son influence se manifestera dans toutes les comparaisons des amplitudes, et non pas seulement dans les différences les moins perceptibles. La différence relative sera seule perçue, et jamais la différence absolue. Wundt a lui-même fait cette déduction et a montré comment il fallait la prouver. Si l'on interpolait une moyenne entre deux amplitudes, cette moyenne serait géométrique, d'après le principe de la relativité, et non pas arithmétique.

C'est la méthode de PLATEAU d'éprouver la loi de WEBER ou plutôt la forme *fechnérienne* de la loi de WEBER.

Si nous limitons notre attention à la perception du mouvement et du poids, nous pouvons constater que les résultats obtenus par cette méthode sont diamétralement opposés à l'hypothèse de WUNDT, et donc à la loi de FECHNER. La moyenne interpolée entre deux étendues de mouvement, ou entre deux poids, se rapproche davantage de la moyenne arithmétique de la géométrique [1].

Si par exemple, après qu'un sujet a exécuté un mouvement d'une étendue de 300 millimètres et un autre de 700 millimètres, on lui demande d'en faire un qui soit intermédiaire entre les deux, — la moyenne arithmétique étant de 500 millimètres et la moyenne géométrique de 459 millimètres — on constate que la moyenne subjective est de 512 millimètres.

Si les amplitudes sont choisies de façon à ce que l'une soit de beaucoup plus grande que l'autre, la moyenne interpolée s'éloigne encore davantage de l'hypothèse de WUNDT. Par exemple, la moyenne apparente entre 5 millimètres et 500 millimètres n'est certes pas 50 millimètres qui est la moyenne géométrique, mais elle tend même à dépasser la moyenne arithmétique, et atteint 300 millimètres. De même, d'après l'hypothèse de WUNDT, la moyenne apparente entre 20 et 500 serait deux fois aussi grande qu'entre 5 et 500 ; en réalité elle ne diffère que peu.

1. FULLERTON et CATTELL. *On the Perception of Small Differences*, p. 19-20, 100-101.

Ces expériences prouvent que dans beaucoup de cas, on peut percevoir la différence absolue entre deux amplitudes ; la « loi de la relativité » n'est donc pas applicable et ne peut donc pas contrôler exactement la perception et par conséquent on ne peut en faire une déduction sévère; rien ne justifie Wundt, quand il déduit la loi de Weber de la relativité de la perception. Tout ce que l'on en peut inférer, c'est que, prêtant plus d'attention aux différences relatives qu'aux différences absolues, nous sommes mieux entraînés pour observer de légères différences entre de petites amplitudes qu'entre de grandes. Pour éveiller notre intérêt et pour que les différences soient facilement perçues, il faut qu'entre de grandes amplitudes, les différences soient ainsi plutôt grandes. C'est une cause psychique qui tend à accroître l'erreur de la perception, lorsque l'amplitude perçue augmente.

Il y a aussi plusieurs causes de caractère *physiologique,* ayant la même tendance. Le système sensoriel possède au moins deux séries de *sourdines,* au moyen desquelles il affaiblit la force des stimulations externes, et cette action affaiblissante s'exerce proportionnellement plus sur les stimulations fortes que sur les faibles.

D'abord, les organes sensoriels périphériques ont le pouvoir de « s'adapter » à différentes forces de stimulation. La rétine s'adapte à un éclairage faible ou puissant : si l'éclairage est faible, elle le reçoit tout entier; s'il est puissant, la rétine subit certaines modifications internes qui le rendent moins sensible. De même, les muscles de l'oreille moyenne servent probablement à assourdir les vibrations trop fortes sur

le tympan. Dans notre propre domaine, nous connaissons une adaptation semblable dans la perception des poids. En soulevant un poids léger, les muscles du bras et de la main ne sont que légèrement innervés, les jointures sont libres, et toutes les légères rotations passives qui servent pour indiquer le poids, s'exercent librement. Mais si l'on soulève un poids lourd, les muscles se contracteront fortement, les jointures deviendront rigides, et l'on empêche ainsi les rotations passives. Ainsi deux poids lourds presque égaux produiront presque les mêmes rotations et éveilleront à peu près les mêmes impulsions nervo-sensorielles ; tandis que deux poids légers, différents de la même quantité absolue, produiront des rotations très inégales et des sensations inégales. De cette façon, une adaptation purement périphérique augmentera davantage l'erreur pour les poids lourds que pour les poids légers.

Une adaptation pareille existe probablement dans la perception de l'étendue du mouvement. Les mouvements longs sont inévitablement exécutés avec une plus grande vitesse que les courts, et la vitesse, ainsi que nous l'avons vu, atténue les sensations d'étendue.

En dehors de cet effet purement périphérique, il y a un autre processus d'atténuation. Si un nerf est excité par l'électricité, et que la force de l'impulsion nerveuse soit mesurée à l'aide du « courant d'action », on trouve que des stimulations fortes produisent proportionnellement des impulsions nerveuses plus faibles que les stimulations faibles. Et de plus, on trouve que la force des impulsions ner-

veuses puissantes décroît à chaque « synapse », en passant d'un neurone à un autre. Le synapse agit comme une sourdine sur les impulsions nerveuses puissantes [1]. Ainsi l'effet d'une stimulation sensorielle forte, déjà atténué dans l'organe périphérique, diminue encore dans sa course vers le cerveau. Une stimulation sensorielle forte produit moins que l'effet cérébral proportionné.

Par conséquent, le représentant cérébral d'une différence donnée entre deux stimulations sensorielles est plus faible lorsque les stimulations sont fortes, que lorsqu'elles sont légères. La différence cérébrale entre 10 et 11 grammes n'est pas seulement d'une façon relative, mais d'une façon absolue, moindre que la différence entre 1 gramme et 2 grammes. D'où l'erreur que l'on fait en appréciant les poids ou autres quantités doit augmenter, lorsque ces quantités augmentent. Nous voyons ici une cause véritablement physiologique de l'accroissement de l'erreur, qui accompagne une augmentation d'une quantité à apprécier.

Une autre cause, peut-être plus importante encore, se trouve dans la loi générale de la variabilité des phénomènes. Comme nous l'avons déjà dit, certaines inexactitudes de perception représentent seulement la variabilité de l'acte de la perception. La variabilité des grands objets est cependant d'une façon absolue plus grande que celle des petits : le poids des hommes diffère plus que celui des souris. Et une grande action est plus variable qu'une petite ; ainsi

1. Waller. *Brain*, 1895, XVIII.

les pas d'un homme sont plus inégaux que les mouvements de ses doigts en écrivant. De même, si quelqu'un essaie de faire des mouvements du bras d'une longueur de 3 décimètres, ces mouvements différeront davantage entre eux que lorsqu'on essaie de faire des mouvements de 1 décimètre.

Les mouvements les plus longs sont sujets à plus de sources de variabilité que les plus courts. Chaque mouvement et chaque perception est, physiologiquement, une affaire composée, qui consiste en l'action de nombreuses structures élémentaires, comme les cellules nerveuses et musculaires, et même des unités plus petites; il est composé de plusieurs actes élémentaires. Et un mouvement plus grand est composé d'un plus grand nombre d'éléments; chacun de ces éléments étant variable, le mouvement le plus grand renferme le plus de sources de variabilité et est le plus variable.

Par exemple, la sensation du mouvement d'un bras est produite par les impulsions envoyées au cerveau par les nombreux organes sensoriels stimulés dans le processus du mouvement. Plus le mouvement est long, plus il y a d'organes stimulés. Chacun de ceux-ci étant variable dans ses conditions et son action, le plus long de deux mouvements est sujet à plus de variations que le plus court. De même dans l'estimation des poids; le mouvement nécessaire pour soulever un poids lourd met en jeu plus d'éléments musculaires et nerveux que pour un poids léger. Chaque élément étant variable, une élévation difficile est plus variable qu'une facile et la perception en est moins exacte. En général, la perception d'une grande

amplitude se compose de plusieurs processus variables élémentaires et elle est sujette à plus de variations et à une plus grande erreur.

A ce point de vue, l'augmentation dans l'erreur de perception accompagnant l'augmentation de l'amplitude perçue, est un exemple d'une loi générale de variation composée.

Nous voudrions rendre notre loi plus précise. Ne pouvons-nous pas déduire de la composition des variations quelques formules exactes pour la proportion dans laquelle peut augmenter l'erreur de perception ? Nous ne pouvons faire ces déductions qu'à l'aide de l'une ou de l'autre de deux hypothèses. Si nous supposons que chaque processus élémentaire varie toujours dans la même direction que tout autre processus élémentaire dans le même acte de perception — ainsi par exemple si l'un des organes sensoriels terminals était très sensible, tous les autres seraient proportionnellement sensibles, si l'un était émoussé, tous les autres le seraient — alors nous aurions en effet une simple addition de toutes les erreurs élémentaires, et l'erreur totale augmenterait dans la même proportion que l'amplitude. Ce serait déduire la loi de Weber de la loi des variations. Mais supposons au contraire que la condition de chaque organe élémentaire est indépendante de la condition de chaque autre organe — ainsi lorsque l'un répond avec force, un autre est aussi bien en état de répondre avec force que faiblement — alors les erreurs élémentaires seront tout aussi aptes à se contrecarrer qu'à se renforcer l'une l'autre, et l'erreur totale augmentera moins rapidement que l'amplitude

perçue. Conformément à la théorie mathématique de la combinaison des chances, l'erreur augmentera selon la racine carrée de l'amplitude perçue, ce qui nous donnera une déduction de la formule de la racine carrée. La probabilité est qu'aucune supposition n'est exacte. Certaines influences, comme l'attention, la circulation du sang, et d'autres conditions générales du corps, peuvent affecter tous les processus élémentaires dans la même direction. Mais il est certain que les influences locales affecteront les différents processus élémentaires dans différents sens ; c'est pourquoi nous ne pouvons pas, *à priori,* déduire une formule exacte pour l'accroissement de l'erreur de perception.

Ce que nous pouvons faire de mieux, c'est de comparer les données empiriques, avec les différentes formules, et voir en quoi chaque assertion se rapproche de la vérité. Puisque nous avons trouvé que l'accroissement réel dans l'erreur de perception se trouve entre les deux formules, mais plus près de celle de la racine carrée, nous sommes amené à la conclusion que les processus élémentaires qui accomplissent les actes de la perception, sont en grande partie indépendants les uns des autres.

Il me semble que de cet exposé ressort clairement que l'accroissement de l'erreur de perception est dû en grande partie à la combinaison des variations. Fullerton et Cattell ont les premiers contribué à répandre cette idée. Ils ont émis l'opinion que cette augmentation était probablement due à plus d'une cause, de sorte qu'on ne pouvait s'attendre à ce qu'une formule exacte fût vraie pour toutes les séries d'observations.

Il est certain qu'aucune autre attitude n'est raisonnable par rapport à la perception du mouvement, et nulle autre conclusion ne s'harmonise avec la vérité. Nous avons vu que les mesures de l'accroissement de l'erreur ne se peuvent faire par une simple formule, et qu'on ne peut considérer une seule cause comme la source exclusive de l'accroissement de l'erreur.

En somme, nous arrivons à un résultat négatif, en ce qui concerne la loi de Weber. Cette loi est loin d'être une formule empirique et n'est pas non plus l'expression de toute cause connue de l'accroissement de l'erreur de perception. La loi de Weber, en ce que concerne la perception du mouvement, n'est donc vraie ni d'une façon empirique, ni d'une façon typique.

DEUXIÈME PARTIE

LA PRODUCTION DU MOUVEMENT

CHAPITRE VIII

INTRODUCTION

La première question que nous rencontrons dans la seconde partie de notre sujet, est celle de la délimitation. D'innombrables expériences ont été faites sur l'activité musculaire, et de nombreux résultats ont été obtenus ; mais tous ne peuvent pas prendre place dans un traitement de psychologie. Beaucoup de psychologues excluraient tous ces résultats. Ils admettraient à peine que la production du mouvement soit une matière d'intérêt psychologique. Ils diraient que seules les sensations et les idées de mouvement, et peut-être les idées qui semblent donner naissance aux mouvements, peuvent entrer dans le domaine de la conscience; aussitôt que l'impulsion nerveuse qui produit le mouvement a quitté le cerveau, la course qu'elle poursuit, ses effets

intra-organiques et ses autres manifestations sont matière à physiologie et à physique.

Mais on ne gagne rien à mettre des bornes trop exactes à l'étude. Les progrès dans l'étude psychologique de la sensation ont été réalisés par la comparaison des sensations avec leurs causes physiques. Les progrès dans la psychologie du mouvement peuvent être réalisés par la comparaison des mouvements avec les conditions conscientes qui s'y rattachent.

Cependant rien de bon ne peut être accompli si l'on surcharge la psychologie de tous les procédés physiologiques du mouvement corporel. Le meilleur système sera de nous limiter aux points qui sont en relation directe avec la conscience. Les rapports entre les mouvements et les sensations, les idées, les émotions, l'atavisme, les expériences déjà faites et la volition réelle, sont des matières d'intérêt psychologique.

La question la plus intéressante est de savoir jusqu'à quel point les mouvements du corps sont déterminés par les événements conscients, et jusqu'à quel point ils sont indépendants de la conscience, et surtout, jusqu'à quel point nos mouvements sont-ils volontaires ? Nous ne pourrions répondre à cette question, si nous limitions notre attention aux mouvements volontaires ; il faut examiner aussi les mouvements réflexes, instinctifs et habituels, pour voir lesquels parmi nos mouvements physiques sont volontaires, et lesquels sont dépourvus de volition.

Les mouvements sont classés en : réflexes, habituels, idéo-moteurs et volontaires. On peut d'abord

écarter cette classification et tout autre système similaire. Les mouvements, pris en eux-mêmes, ne doivent point admettre de ces distinctions. Il est impossible de rapporter à l'une de ces classes, un mouvement donné, pris comme unité. Dans chaque mouvement il y a des éléments réflexes, d'autres qui sont habituels, d'autres qui peuvent être volontaires [1].

Les battements du cœur, la constriction et la dilatation des vaisseaux sanguins, les mouvements de l'estomac et de l'intestin, semblent être, à première vue, entièrement involontaires et indépendants de la conscience. Et cependant ils sont affectés par les idées et les émotions. L'influence des émotions sur les battements du cœur ou sur les rougeurs et les pâleurs du visage, est d'une observation courante. Cannon [2] a observé au moyen des rayons Röntgen, que les mouvements de l'estomac et les mouvements péristaltiques de l'intestin cessent, lorsque l'animal est sous le coup de la peur ou de la détresse. Pawlow [3] a trouvé que la sécrétion du suc gastrique dépendait du goût agréable des aliments et de leur aspect.

L'activité ou la paresse du cerveau, ainsi que son genre d'activité à n'importe quel moment, influence sur chaque geste du corps.

1. Cf. Wundt. *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, 4e édit., 1893, II, 595.

2. *American Journal of Physiology*, 1898, I, 380 ; 1902, VI, 275.

3. *Archiv für (Anat. und) Physiol.*, 1895, p. 53.

S'il est difficile de trouver un exemple de pur réflexe, il est impossible de trouver un mouvement dépourvu de facteurs réflexes. Presque chaque mouvement est aussi déterminé en partie par l'habitude. Le réflexe et l'habitude — connexions nerveuses innées et acquises — déterminent la coordination et la forme de tout mouvement.

Pour démontrer la multiplicité des facteurs qui coopèrent à la production d'un seul mouvement, considérons un mouvement appelé ordinairement volontaire, le fait de signer son propre nom. Les flexions et extensions élémentaires dont cet acte est composé, sont des mouvements coordonnés, produits par des connexions nerveuses héritées ; à ce point de vue, le mouvement est instinctif. Mais l'action d'écrire est plus qu'instinctive ; la combinaison des flexions et extensions doit être acquise par la pratique, de même que la succession des lettres ; à ce point de vue, le mouvement est habituel. La grandeur des lettres, la rapidité et l'exactitude avec laquelle on écrit, sont influencées par les idées et les émotions du moment ; à ce point de vue, la signature est un acte idéo-moteur. Les sensations produites par les doigts sont nécessaires pour la coordination des mouvements ; l'aspect des lettres écrites sert à contrôler la direction, l'espacement et l'alignement de l'écriture ; à ce point de vue le mouvement est *sensori-moteur*. Je veux signer mon nom, et de la sorte le mouvement est volontaire. Dépendant tout d'abord de la volonté, la forme et les détails de cet acte sont involontaires et déterminés par plusieurs causes différentes.

Prenons un autre exemple : le fait de se promener.

La coordination des contractions musculaires, par lesquelles on avance une jambe, est instinctive ; très probablement l'alternation des mouvements des deux jambes est instinctive aussi. La démarche distinctive de chaque individu est le résultat de son expérience individuelle, de ses habitudes. Les sensations des jambes et des pieds ont une grande influence ; parfois la sensation de glisser produit une modification dans la démarche. Les idées et les émotions la modifient aussi. L'élément volontaire peut être simplement la volonté de se promener en un endroit déterminé.

Ces exemples pourraient être multipliés à l'infini. Tout mouvement appelé volontaire montrerait des éléments involontaires ; et tout mouvement involontaire est en état de montrer des effets indirects de volition. Les convenances sont sauvées, si dans l'incertitude, nous appelons certains mouvements volontaires et d'autres involontaires. Mais ici nous devons déterminer les mouvements en examinant les éléments qui les composent. L'aperçu préliminaire que nous venons de tracer, fait ressortir l'importance des facteurs subconscients dans la production des mouvements les plus conscients. Si l'on envisage un mouvement objectivement, et si l'on se représente la complexité du mécanisme des nerfs et des muscles qui le produisent, nous sommes forcés d'admettre que son mode d'exécution n'est déterminé qu'à un petit degré par des facteurs conscients et intellectuels. Les facteurs les plus puissants sont les connexions ner-

veuses, qui ont grandi dans l'histoire de l'individu et dans le développement de l'espèce.

La tendance générale des chapitres suivants sera de montrer l'influence des autres facteurs sur la production du mouvement, de limiter et de préciser l'influence de la volonté. C'est ce fil qui guidera l'ensemble ; mais le tissu entier est tissé de matériaux qui ont leur propre indépendance, leur intérêt et leur valeur.

CHAPITRE IX

L'ACTION RÉFLEXE

Les mots « action réflexe » ne sont pas toujours employés dans le même sens. Deux éléments sont en présence dans cette conception, et quelquefois l'un d'entre eux est accentué ; d'autres fois c'est l'autre. Les deux éléments sont : d'abord, la provocation du mouvement par une stimulation sensorielle quelconque ; et ensuite, le caractère inné, pas acquis, de la voie nerveuse qui conduit l'excitation de l'organe sensoriel aux muscles.

En accentuant sur le premier élément, toute réponse directe à la stimulation sensorielle est appelée un réflexe. La réaction peut avoir été apprise par l'individu ; mais si la voie nerveuse est si bien développée que la réaction suive promptement et régulièrement, elle est nommée *un réflexe*. Les réactions habituelles, considérées à ce point de vue, sont appelées des *réflexes secondaires*.

En accentuant sur le second élément, nous nommons *réflexe* toute connexion nerveuse innée, fût-elle excitée par les périphéries ou par les centres. L'expression motrice naturelle des idées et des émotions est, à ce point de vue, considérée comme un réflexe. Un meilleur terme serait le mot *instinctif*.

Avant de déterminer d'une façon certaine jusqu'à quel point les mouvements d'un animal ou d'un homme peuvent être appelés réflexes, nous rencontrons deux problèmes. Jusqu'à quel point ces mouvements sont-ils directement obtenus par la stimulation sensorielle? Et jusqu'à quel point sont-ils déterminés par l'existence des voies fixes dans le système nerveux.

Des études récentes anatomiques permettent d'assurer que toute la masse du cerveau et de la moelle n'est formée que de voies, plus d'autres structures accessoires.

Les cellules nerveuses forment chaîne ; les branches terminales d'une cellule sont en contact avec celles d'une autre ou de plusieurs autres. Ordinairement, il semble que les dendrites d'une cellule sont tissés dans les branches terminales de l'axe d'une autre cellule.

Au moyen de cet enchaînement des cellules nerveuses, l'impulsion génératrice donnée à une partie du système se transmet à travers une route définie, jusqu'à ce qu'elle stimule à la fin quelque organe périphérique, quelque glande ou muscle, et donne ainsi naissance à un effet déterminé. L'axe, qui forme l'élément fonctionnel des nerfs périphériques, des colonnes blanches de moelle et de toute la matière blanche en général, ne fait que conduire les impulsions nerveuses qu'elle reçoit. Elle peut les conduire dans les deux directions ; la stimulation d'une partie de l'axe ou d'une partie de la cellule nerveuse donne naissance à une impulsion nerveuse, qui se meut dans les deux directions jusqu'aux extrémités de la cellule nerveuse.

Les conditions de conductibilité sont modifiées d'une façon importante à l'extrémité de l'embranchement d'une cellule nerveuse, où elle vient en contact avec d'autres cellules, à l'endroit nommé *synapse*. Là, l'impulsion nerveuse dans les branches d'une cellule doit stimuler les branches d'une autre cellule. La conductibilité n'est pas aussi libre et ouverte à travers le synapse qu'à travers les parties d'une même unité nerveuse. La conductibilité n'existe *que dans une direction*. Le synapse agit comme une valvule, il permet aux impulsions nerveuses de passer dans une direction, mais les arrête dans la direction opposée.

L'action valvulaire du synapse dans le système nerveux ou « loi de la direction en avant » est importante pour la compréhension des mouvements habituels ou associés. Une série de mouvements, provoqués dans un ordre donné, continueront facilement dans cet ordre, mais non pas dans l'ordre opposé.

Le synapse est aussi le point critique dans la voie nerveuse. Il retarde toujours l'impulsion nerveuse, ou en d'autres mots, il provoque une période latente de stimulation [1]. Il a aussi une période réfractaire ; après que l'impulsion est passée, 1/10 de seconde presque doit s'écouler avant qu'une autre puisse passer [2]. S'il y a un arrêt quelconque dans le système nerveux, comme cela arrive pendant le sommeil, il provient probablement du synapse. Et pro-

1. V. Schäfer. *Textbook of Physiology*, 1900, II, 608, et Richet. *Dictionnaire de physiologie*, III, 17.
2. V. Richet, *Op. cit.*, III, 9.

bablement aussi, c'est le développement des extrémités nerveuses et le rapprochement des extrémités des branches de dendrites et de l'axe qui produisent la formation des habitudes et la maturité des instincts.

Les propriétés spéciales des tissus nerveux sont leur grande irritabilité, et leur conductibilité sûre et rapide. D'après ce qu'on en connaît, tout ce que les tissus nerveux faisaient, c'est répondre à la stimulation par une impulsion nerveuse, conduire cette impulsion et par son moyen, mettre en activité d'autres tissus. En un mot, la fonction des voies nerveuses est la conductibilité ; donnée une stimulation dans une partie du corps, ils font naître une réponse dans une autre partie. Les organismes très simples n'ont pas besoin d'un tissu nerveux spécial ; toutes leurs parties sont en continuité protoplasmique, et l'excitation d'un point quelconque fait naître une réaction à travers tout l'organisme. Chez les animaux plus élevés et plus différenciés, des membranes de substance non conductrice interrompent la continuité protoplasmique ; mais, par ses fibres ténues de protoplasma spécialisé, qui se ramifient dans toutes les parties du corps et communiquent avec chacune dans les organes centraux, le système nerveux met toutes ces parties en connexion et permet à l'excitation d'un point quelconque de faire naître une réaction dans une autre partie, même éloignée [1].

En disant que les fonctions du système nerveux se résument dans le mot conductibilité, nous avons

1. Cf. Loeb. *Comparative Physiology of the Brain.* New-York, 1900.

laissé de côté la question de la conscience, engendrée par l'activité nerveuse — question embrouillée, qui ne peut encore être traitée sur des bases empiriques. Quels que soient les rapports entre le système nerveux et la conscience, la fonction nerveuse, en tant que productrice de mouvement, est certainement celle qui transmet les impulsions excitantes.

Nous avons aussi laissé de côté une autre possibilité. Les centres nerveux, et particulièrement les corps cellulaires, ont été considérés comme possédant la force de produire des impulsions nerveuses. On a considéré que la stimulation des périphéries n'était pas nécessaire pour l'action des centres : on les a considérées comme automatiques. Puisqu'un effet doit avoir une cause, on a supposé que l'activité automatique des centres résulte d'une irritation chimique ou de l'influence de la conscience.

La stimulation chimique des centres nerveux est possible, sans doute, pourvu que les substances nécessaires soient présentes. La seule question est de savoir qu'une telle stimulation est réelle. Elle l'est probablement dans la plupart des formes de l'épilepsie, et aussi dans certaines conditions expérimentales, anormales, de la respiration. On a tenté de priver le centre respiratoire de toute impulsion sensorielle dans la bulbe, en coupant toutes les *fibres* y afférant ; une respiration faible et irrégulière, insuffisante pour continuer la vie, a persisté pendant 30 à 45 minutes[1]. Cette

1. Rosenthal. *Die Athembewegungen*, etc. Berlin, 1865, et dans le *Handbuch der Physiologie de* Hermann, 1882, IV, 2, p. 270.

observation est généralement admise, comme montrant que le sang veineux peut stimuler directement le centre respiratoire. Mais la respiration normale n'est pas produite de cette façon. La respiration normale est beaucoup plus rapide. Les impulsions de la respiration normale sont certes excitées par les impulsions sensorielles qui affectent le centre. Tout nerf sensoriel, aussi bien que les centres idéationals et émotifs du cerveau, affectent facilement la respiration. L'impulsion sensorielle la plus importante est déterminée dans les poumons et atteint le bulbe à travers les nerfs pneumogastriques. En les coupant, ou en les rendant non conductibles par des applications d'éther, la respiration devient lente et profonde. Enfin, les impulsions sensorielles des poumons incitent le centre respiratoire à l'action, avant que la stimulation chimique soit assez forte pour être effective. Dans les conditions normales, l'effet central du sang veineux est d'exagérer l'irritabilité de la bulbe, tout comme fait la strychnine sur l'irritabilité de la moëlle épinière, sans y faire naître d'activité.

Ainsi, dans les conditions normales, les mouvements de la respiration sont réflexes ; ils sont régulièrement excités par les impulsions sensorielles, provenant des poumons ; ils peuvent être excités et modifiés de différentes façons, en stimulant un organe sensoriel quelconque du corps. La stimulation centrale ne doit pas être effectuée dans la respiration normale.

Jusqu'à présent, l'action automatique de l'écorce cérébrale n'a pas plus été prouvée qu'improuvée. Il est difficile de concevoir une action stimulante de la

pensée sur les corps cellulaires corticaux, ou dendrites. Mais on ne doit pas, à cause de cela, rejeter cette idée trop sommairement. Si l'on admet qu'à chaque pensée correspond l'activité d'une partie quelconque de l'écorce cérébrale, on trouve néanmoins difficile à concevoir que l'activité prenne origine subitement dans une partie déterminée. D'une façon introspective, les pensées ne semblent pas avoir une origine individuelle. Elles semblent prendre naissance à la suite de sensations ou d'autres idées. Parfois, une idée paraît émerger du néant, mais elle peut être provoquée par quelque sensation obscure ou par quelque association. Jusqu'à ce qu'une pensée automatique soit démontrée, l'action automatique des cellules du cerveau n'est pas démontrée.

Il n'y a pas de raison de croire qu'une cellule corticale se met d'elle-même en mouvement ; elle a probablement besoin d'être mise en mouvement par une autre cellule. S'il en est ainsi, la doctrine des voies peut être d'autant plus appliquée au cerveau. Le cerveau consiste en voies pour la transmission des impulsions nerveuses. Les voies cérébrales sont souvent extrêmement longues et tortueuses ainsi que cela est démontré dans l'enchaînement des idées. Si cependant nulle cellule centrale ne donne naissance à une impulsion, le point de départ de toute impulsion nerveuse, de tout enchaînement d'idée et de tout mouvement doit être cherché dans la périphérie. Les excitations externes donnent naissance à l'impulsion. Le progrès et le résultat final en sont déterminés par les voies y aboutissant. L'irritabilité relative des différentes voies qui peuvent conduire une

impulsion détermine laquelle la prenne. Les points critiques dans ces voies, les points où l'impulsion peut être arrêtée ou bien où elle peut être continuée avec une force spéciale, sont probablement les synapses.

Tous les mouvements considérés à ce point de vue sont réflexes ou ont à la fin la forme générale des réflexes. Les différences psychologiques entre les différents mouvements ne sont que les différences entre les voies dans lesquelles ils ont pris naissance. Par exemple :

1. Certaines voies sont héritées, d'autres sont acquises. Par la suite, il y a des réactions instinctives et d'autres apprises.

2. Certaines voies livrent facilement passage, d'autres difficilement : certaines réactions sont promptes, d'autres incertaines.

3. Certaines voies sont courtes, d'autres sont longues. Certains mouvements répondent directement à la sensation, tandis que d'autres résultent de l'intervention de l'enchaînement de l'idée.

Pour mettre au courant un lecteur à qui la littérature physiologique ne serait pas familière, il faut ajouter que tous les savants qui ont étudié le système nerveux n'aient pas adopté nos vues. Certains neurologues considèrent la doctrine suivant laquelle la seule fonction de la cellule nerveuse est de conduire, comme une « absurdité trop manifeste pour prêter encore à la discussion[1] ». Ce que les autres fonctions peuvent être n'est pas encore déter-

1. Barker. *The Nervous System*. New-York, 1899, p. 264.

miné. Naturellement, comme toute autre cellule vivante, la cellule nerveuse se nourrit d'elle-même. Parmi les autres activités connues du protoplasma, certains neurologues ont observé dans les dentrites des indications apparentes de motilité. Si une telle motilité existe en réalité, sa fonction consiste probablement à régler le transport de l'impulsion des branches d'une cellule aux branches entrelacées d'une autre. La rétraction des dentrites produirait un arrêt. La motilité servirait à la conductibilité.

L'irritabilité est aussi une fonction de la cellule nerveuse. Avant que l'impulsion nerveuse puisse être conduite le long d'une cellule nerveuse, celle-ci doit d'abord être excitée par des stimulations extérieures. Et la force de l'impulsion nerveuse n'est pas seulement déterminée par la force du stimulant, mais aussi par l'irritabilité de la cellule stimulée. Un stimulant sensoriel faible produit un réflexe faible. Mais si l'irritabilité de la moelle épinière est augmentée par la strychnine, l'impulsion sensorielle faible donne naissance à une décharge motrice puissante. Le caractère, aussi bien que la force de la réaction, est déterminé en partie par l'irritabilité des centres nerveux ; il est déterminé aussi par l'irritabilité *relative* des différentes voies centrales et efférentes auxquelles conduit la voie sensorielle excitée. Si nous connaissions toutes les voies possibles qui conduisent d'un point donné stimulé, nous pourrions en inférer les réactions possibles pour tout stimulant donné. Si nous connaissions en outre l'irritabilité réelle, momentanée des cellules dans chaque voie, nous pourrions prédire quelle réaction se matérialiserait et quelle en serait la

force. Nous aurions certes besoin de connaître l'irritabilité des organes sensoriels, des muscles et des glandes aussi bien que celui des structures nerveuses.

L'étude de l'action réflexe se divise en deux parties : l'étude des *voies* dans le système nerveux central et l'étude des conditions qui contrôleraient l'irritabilité des cellules nerveuses. Nous examinerons rapidement les faits qui se rapportent à chacun de ces sujets en commençant par le dernier.

Conditions qui influencent l'irritabilité des voies réflexes

Il est à peine nécessaire de mentionner l'influence des médicaments; quelques-uns, comme la strychnine, augmentent l'irritabilité, surtout celle des cellules ou synapses de la moelle épinière. La caféine a une influence analogue sur le cerveau. Les anesthésiques ont un effet contraire.

L'influence de la circulation ou de la quantité ou de la qualité du sang est importante. Le sang veineux active temporairement mais abolit bientôt l'irritabilité des cellules nerveuses ou plus probablement celle des synapses.

L'activité a de l'influence aussi bien sur la croissance que sur l'irritabilité momentanée des cellules nerveuses et de leurs dépendances. Comme dans tout protoplasma l'exercice incite à une plus grande nutrition et donc au développement, tandis que l'inaction conduit à l'atrophie. De cette façon, les habitudes ou les instincts augmentent ou dimi-

nuent. L'effet temporaire de l'activité est d'abord une augmentation de l'irritabilité et ensuite une décroissance. D'abord « le réveil » plus tard la fatigue. On démontrera dans un autre chapitre que la fatigue centrale vient lentement et peut à peine servir à expliquer les particularités du mouvement. L'augmentation temporaire de l'irritabilité due à une activité récente est d'autre part très marquée et explique bien des choses. Si une idée a existé récemment dans l'esprit, elle est facilement rappelée par une sensation quelconque. Si une réaction a été provoquée récemment, elle tend à réapparaître. En d'autres mots, si une *voie* nerveuse a été activée depuis peu, elle est facilement excitée une seconde fois.

Inhibition et « Bahnung ». — L'irritabilité des cellules nerveuses, qui constituent une voie réflexe donnée, peut être augmentée ou déprimée par l'influence d'autres parties du système nerveux. Exner, le premier, a clairement énoncé cette loi [1]. Il a trouvé que lorsque le stimulant tactile était trop faible pour produire un réflexe, on pouvait le rendre effectif par une stimulation simultanée de l'aire motrice de l'écorce par des chocs d'induction qui étaient eux-mêmes trop faibles pour produire un mouvement. Les deux stimulants, le cortical et le tactile, n'ont pas besoin d'être absolument simultanés. Chacun peut être espacé d'une fraction de seconde, cependant leur effet combiné est plus grand s'ils agissent

1. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1882, XXVIII, 487.

simultanément. Bubnoff et Heidenhain [1] avaient obtenu un résultat identique et cela, lorsqu'au lieu de stimuler l'écorce cérébrale, ils ont enlevé la matière grise et appliqué le stimulant aux fibres motrices. Exner en infère que la totalité des effets s'est concentrée dans les cellules de la moelle épinière. L'impulsion nerveuse, partant du cerveau, a sous-excité les cellules épinières (synapses) et en a augmenté momentanément l'irritabilité, de sorte qu'une impulsion sensorielle faible pourrait passer là où auparavant elle en aurait été empêchée. Puisque l'addition des effets a lieu lorsque la stimulation sensorielle a précédé, cette dernière sous-excite évidemment les cellules épinières et ouvre ainsi la voie pour les impulsions suivantes qui partent du cerveau. Exner dit aussi qu'une faible impulsion corti-fugale ouvre la voie pour d'autres impulsions provenant de la même source, et qu'un stimulant sensoriel ouvre la voie à un second, soit que ce second vienne du même point de la peau ou de tout autre point. De même, un son ouvre la voie à une sensation tactile ou à une stimulation corticale ; tous les trois peuvent aussi coopérer. En d'autres mots, l'irritabilité des cellules qui composent une *voie* dans la moelle épinière, une voie réflexe ou cortico-fugale, peut être augmentée par des impulsions qui viennent d'une partie quelconque du corps.

Mais une impulsion atteignant une cellule spinale n'en augmente pas toujours l'irritabilité. Elle la peut aussi diminuer, elle peut bloquer une *voie* nerveuse.

1. Pflüger's *Archiv*, 1881, XXVI, 175.

Elle peut empêcher l'effet réflexe d'un stimulant sensoriel. BUBNOFF et HEIDENHAIN[1] ont observé le phénomène suivant d'inhibition.

Lorsque la narcose de la morphine a atteint un certain degré, une forte pression sur la patte d'un chien produit une contraction tonique prolongée de certains muscles de la jambe. Cette contraction peut être arrêtée par une faible stimulation de l'aire correspondant à la jambe dans le cortex. On peut aussi l'arrêter par de faibles caresses sur la jambe ou en soufflant sur la figure du chien. Une forte stimulation corticale produit ensuite une contraction tonique et celle-ci peut être réprimée comme tantôt par une faible stimulation, soit sur le cortex soit sur la peau. Évidemment, ces stimulations faibles diminuent l'activité du réflexe ou de la *voie* cortico-fugale.

Des exemples plus probants d'inhibition dans les *voies* réflexes de la moelle épinière se retrouvent dans les expériences connues sur la grenouille décapitée, par l'immersion subite d'une patte dans un acide. Après un certain temps de réaction elle retire la jambe; si l'autre patte est fortement pressée simultanément ou si on en stimule les nerfs sensoriels par l'électricité, le temps de réaction est prolongé. Une inhibition pareille est produite en stimulant par l'électricité le milieu du cerveau de la grenouille. Et l'inhibition totale de tous les réflexes spinaux qui s'ensuit immédiatement en écrasant et en arrachant le cerveau de la grenouille, représente le résultat des impulsions inhibitoires qui sont pro-

1. *Op. cit.*, p. 178.

duites par la forte stimulation mécanique et qui traversent la moelle épinière et diminuent l'irritabilité des cellules spinales.

L'activité réflexe augmentée qui résulte de l'absence du cerveau, après que le choc a passé, s'explique comme le résultat de l'absence d'une influence normale inhibitoire, exercée par le cerveau sur la moelle épinière. Il est probable que l'écorce motrice exerce cette influence inhibitoire, puisque l'irritabilité réflexe est augmentée, après que le cortex a été enlevé chez l'animal, ou pendant l'hémiplégie chez l'homme. D'un autre côté, le cervelet tend à exercer une influence tonique sur la moelle épinière, peut-être parce qu'il est traversé par plusieurs voies réflexes des canaux semi-circulaires [1].

Sherrington [2] a trouvé que l'excitation corticale, qui donne naissance à la contraction d'un groupe de muscles, peut empêcher des contractions déjà existantes dans leurs antagonistes. Biedermann [3] a observé la même chose que pour la stimulation périphérique. Ces résultats, ainsi que d'autres obtenus par Sherrington, ont conduit cet auteur à la conclusion générale suivante : deux stimulants, qui tendent séparément à exciter le même groupe de cellules motrices, tendent, lorsqu'ils sont appliqués simultanément, à se renforcer l'un l'autre, c'est-à-dire à s'ouvrir réciproquement la voie ; tandis que des stimu-

1. Voir les conclusions de Ewald, sur les fonctions toniques des canaux dont il est parlé plus haut, p. 61.
2. *Journal of Physiology*, 1894, XVII, 27.
3. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1900, LXXX, 426.

lants, « qui séparément, tendent à exciter des groupes de cellules motrices différents, mais apparentés, tendent, lorsqu'ils sont simultanés, à se détruire l'un l'autre [1] ».

On trouvera dans les chapitres sur la coordination et la dynamogenèse, plus de détails sur l'inhibition et la « Bahnung ». Nous en avons cependant assez dit pour démontrer la réalité de ces faits. L'irritabilité des cellules qui composent une voie donnée, peut être influencée par toutes les parties du système nerveux et par les périphéries et l'effet d'un stimulant donné est modifié par d'autres stimulants de toute source.

Les voies de l'action réflexe.

La voie nerveuse la plus simple possible consisterait en une simple cellule, par laquelle le point exposé à la stimulation et l'organe réactif seraient unis. Certains organismes peu élevés présentent quelque chose de cette condition. Chez les vertébrés, il faut deux cellules, une sensorielle et une motrice, avec leur synapse dans le cerveau ou dans la moelle. Il est probable qu'une cellule centrale est ordinairement, sinon toujours interpolée ; souvent il y a une chaîne de cellules centrales entre la cellule afférente et la cellule efférente. La voie est en réalité beaucoup plus compliquée, parce que la stimulation périphérique la mieux localisée excite plusieurs cellules sensorielles, et parce que ces cellules se ramifient en

1. Schäfer's *Textbook of Physiology*, 1900, II, 842.

pénétrant au centre, et excitent les dentrites de plusieurs cellules, au moyen des branches terminales. L'embranchement des cellules centrales distribue l'impulsion encore plus loin, et le résultat est que beaucoup de fibres efférentes et beaucoup de fibres musculaires répondent à ce stimulant sensoriel.

Morphologiquement, le système central nerveux des vertébrés est composé d'une série de segments. Mais au lieu d'être indépendants par leur anatomie et leurs fonctions, et simplement rattachés par quelques fibres, comme c'est le cas pour les annélides, les segments du système nerveux chez les vertébrés se sont développés ensemble et sont dépendants les uns des autres. Mais on n'a pas besoin de la moelle épinière complète d'un vertébré, pour en obtenir des réflexes. On peut exciter d'une façon réflexe l'embrassement sexuel de la grenouille mâle, en excitant un fragment de grenouille, consistant en les bras, la poitrine et trois vertèbres. Les mouvements des pattes de la grenouille peuvent être obtenus d'une façon réflexe, si l'on ne laisse que les deux dernières vertèbres.

Ce sont les exemples des voies réflexes les plus simples, les plus courtes. De pareils exemples se retrouvent chez les mammifères. Goltz et Ewald[1] ont coupé le système central nerveux d'un chien en trois parties, en faisant deux sections dans la moelle. Lorsque la section supérieure est faite au-dessous de l'origine des nerfs brachials, et la section inférieure

1. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1896, LXIII, 362.

au-dessus de l'origine des nerfs de la jambe, le « chien médial » est formé uniquement par le tronc. On peut obtenir des réflexes chez ce « chien médial » à l'aide de stimulants cutanés; par exemple, le frisson, le courbement du tronc. Des réflexes beaucoup plus compliqués peuvent être obtenus avec le « chien postérieur » : la flexion et l'extension des pattes postérieures, ainsi que tous les « réflexes lombaires » : défécation, miction, érection, éjaculation, parturition. La partie antérieure d'un mammifère ne peut pas être conservée en permanence isolée du cerveau, parce que la respiration cesse lorsqu'on sépare la moelle de l'origine du nerf phrénique. Mais, temporairement, on peut exciter des réflexes, par la moelle cervicale isolée du cerveau. Ces mouvements peuvent aussi être empêchés d'une façon réflexe[1]. Des réflexes identiques d'une partie isolée de la moelle épinière peuvent être obtenus chez le singe[2].

Plus le fragment de la moelle épinière est long, plus les réflexes que l'on peut obtenir d'un stimulant donné sont compliqués. Les voies nerveuses sont plus nombreuses et certaines d'entre elles sont relativement longues. Le mouvement des membres antérieurs peut être obtenu en stimulant les membres postérieurs et inversement. Mais le réflexe le plus facile à obtenir est ordinairement celui même qui s'obtient quand on ne laisse qu'une petite portion de la moelle.

1. Goltz dans Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1873, VII, 582.

2. Sherrington. *Proceedings Royal Soc.* London, 1892, LII, 333. Et dans Schäfer's *Textbook of Physiology*, 1900, II, 811.

La voie la plus ouverte est ordinairement la plus courte. Elle retourne aux même membres d'où la stimulation sensorielle est partie.

Si on laisse à une grenouille toute la moelle épinière, c'est-à dire si on fait l'incision à l'extrême limite de la moelle prolongée, on peut obtenir des mouvements imparfaits de locomotion, avec un peu de coordination des quatre membres [1]. Les bras sont imparfaitement innervés, défaut qui disparaît lorsque la section est faite un peu plus haut. La moelle épinière d'un mammifère, gardé vivant pendant un temps très court par respiration artificielle, présente les mêmes réflexes que la grenouille. Les imperfections de la moelle épinière, considérée comme centre réflexe, sont de deux sortes :

1° Beaucoup de voies ne sont pas renfermées dans la moelle et dans ses nerfs ; ces voies sont coupées en isolant la moelle, et les réflexes manquent. Quelques-unes de ces voies viennent des surfaces sensorielles du tronc et des membres. Et en dehors de celles-ci toutes les voies réflexes dont l'extrémité sensorielle est dans la tête, dans les organes spéciaux des sens ou dans la peau de la face sont interrompues par la séparation de la moelle et du cerveau.

2° La moelle a besoin de l'influence du cerveau et des sens spéciaux pour exciter son irritabilité. Plus un animal est élevé dans l'échelle de la vie, plus sa moelle épinière dépend de l'influence régulatrice du cerveau

1. Schrader. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiologie*, 1887, XLI, 82.

et des sens spéciaux. Moore et Oertel[1] ont coupé la moelle de grenouilles, de lapins, de chats et de singes dans la région dorsale. Les réflexes lombaires de la grenouille ont beaucoup augmenté au-dessus de la normale en force et en promptitude. Ceux du lapin et du chat ont aussi considérablement augmenté, ceux du singe ont diminué généralement et chez quelques-uns ils ont même été abolis. Si l'on administrait de la strychnine à ce dernier animal, les réflexes réapparaissaient. Les voies réflexes du singe ne passent donc pas toutes à travers le cerveau, mais les cellules spinales dépendent du cerveau en ce qui concerne leur irritabilité normale. La moelle épinière humaine est semblable à celle du singe; l'irritabilité en est ordinairement diminuée par la séparation d'avec le cerveau[2].

Si l'on ajoute à la moelle épinière des parties du cerveau, c'est-à-dire si la section du système nerveux est faite plus haut, le nombre, la complexité et l'efficacité des mouvements réflexes sont augmentés. Les voies des nerfs crâniens moteurs et sensoriels sont ajoutées aux autres et ainsi la somme des mouvements et des stimulations augmente de même.

Si la section est faite sur la partie antérieure de la moelle prolongée, les voies des IXe, X^e^, XIe et XIIe nerfs crâniens s'ajoutent à celles des nerfs spinaux. Cela veut dire que les rapports sensoriels et moteurs

1. *American Journal of Physiol.*, 1900, III, 45.
2. Bastian. *British Med. Journal*, 1890, I, p. 480.
Bruns. *Archiv. f. Psychiatrie*, 1893, XXV, 759; 1895, XXVIII, 97.
Senator. *Zeitschrift f. klin. Med.*, 1898, XXXV, 1.

s'ajoutent à la longue au pharynx, au larynx, aux poumons, à l'œsophage, à l'estomac, au duodenum, au pancréas et au cœur. L'animal peut alors respirer et avaler. On peut exciter d'une façon réflexe les sécrétions gastriques et pancréatiques. On peut influencer par des stimulants sensoriels les mouvements de son estomac et les battements de son cœur. Cette partie du cerveau contient aussi un centre vaso-moteur, c'est-à-dire une collection de synapses, au milieu de fibres sensorielles comme celles du cœur et des fibres allant vers la moelle épinière où ils se réunissent aux fibres efférentes vers la sympathique et finalement vers les vaisseaux sanguins.

Si la section est faite un peu plus en avant, elle laisse intacte certaines des connexions centrales du VIIIe nerf. Les réflexes du cochlea et du labyrinthe s'unissent. L'animal réagit contre les mouvements passifs et les positions anormales, et maintient ainsi son équilibre. Les voies du labyrinthe sont toutefois très incomplètes si le cervelet n'est pas laissé.

Le cervelet a des connexions plus ou moins directes avec tous les nerfs sensoriels, crâniens et spinaux. Du côté moteur il est réuni à la moelle épinière et avec le nuclée oculomoteur et peut-être avec les nuclées de tous les nerfs moteurs. Il est réuni aussi par des fibres avec l'écorce cérébrale de la partie opposée. Il a une grande influence sur le mouvement. La suppression ou la maladie du cervelet est suivie de spasmes surtout dans les muscles de la nuque et du dos, de faiblesse musculaire et de la perte du tonus et par le « tremor intention », c'est-à-dire par un tremblement pendant l'exécution d'un mouvement

volontaire[1]. Ses façons d'agir ne sont pas bien comprises, mais il peut être considéré comme un focus à travers lequel les nerfs sensoriels exercent une action combinée et coordonnée sur le système moteur. Quoique n'étant apparemment pas un organe de la conscience, il exerce une grande influence sur l'exécution des mouvements volontaires.

Si la section est faite à la partie antérieure de la pons Varolii, les Ve, VIe et VIIe nerfs s'ajoutent aux autres. Les connexions sensorielles et motrices de la face à l'exception du nez et des yeux sont alors complètes. Dans ces conditions une grenouille peut saisir n'importe ce qui touche son museau et l'introduit dans sa bouche avec sa patte. Elle peut se promener, sauter et nager normalement surtout si le cervelet est gardé[2]. Des mouvements faciaux seulement les plus simples sont fournis par ces voies : les uns comme les réflexes conjonctifs ou comme la rétraction de la lèvre en excitant la membrane muqueuse de la bouche.

Si encore une fois la section est faite plus haut entre le thalamus optique et le cerveau, les connexions sensorielles et motrices de l'œil s'unissent. La grenouille happe une mouche qui passe. Les mouvements sont parfaits et n'ont besoin d'aucun stimulant directement perceptible qui les excite, c'est-à-dire qu'ils sont quelquefois spontanés. A l'approche de l'hiver elle rampe sous une pierre ou s'enterre dans

1. Luciani. *Il cerveletto*. Florence, 1891.
2. Schrader. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1887, XLI, 82, 84.

la vase. Elle hiberne et réapparaît au commencement du printemps[1]. Chez les poissons et les amphibies dont les hémisphères cérébraux sont très peu développés, l'enlèvement de ces organes produit peu de différences dans leur manière d'agir. Et si des différences apparaissent, elles semblent résulter plutôt de la perte des connexions centrales du nerf olfactif qui est nécessairement enlevé avec les hémisphères. Plus l'animal est élevé dans l'échelle des vertébrés et plus son cerveau est développé, plus grand est le dommage causé par la perte de celui-ci.

Le pigeon dépourvu d'hémisphères présente quelques mouvements spontanés, mais la plupart de ses mouvements consistent en réponse aux stimulations présentes[2]. Le hibou et le faucon perdent davantage parce qu'ils ont un plus grand nombre de mouvements spécialisés à perdre. Un faucon normal se sert pour manger de ses pattes comme de mains. Un faucon dépourvu de cerveau ne fait plus ces mouvements quoiqu'il puisse encore marcher et voler[3]. Un mammifère qui a survécu sans cerveau nous est connu dans un exemplaire, le fameux « chien sans cerveau » de Goltz[4]. Cet animal qui a vécu pendant 18 mois de la sorte, marchait normalement, réagissait par des mouvements défensifs, aux lumières et aux sons éclatants, et plus encore aux sensations

1. Schrader. *Op. cit.*, p. 75.

2. Schrader. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1888, XLIV, 175.

3. Schrader. *Zur vergleichende Physiol. des Grosshirnes.* Strasbourg, 1890.

4. Pflüger's *Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1892, LI, 570.

cutanées et « musculaires ». Il avait perdu toute habileté dans le mouvement de ses pattes de devant, comme par exemple pour tenir un os, pendant qu'il le rongeait. Il ne prenait pas ses aliments spontanément, quoiqu'il fût agité lorsque son jeûne se prolongeait. Il dormait la plupart du temps et ne réagissait qu'aux stimulations directes. Parfois, il faisait certains mouvements, comme ceux qui normalement expriment l'angoisse ; il faisait mine de mordre et grognait, mais n'agitait jamais sa queue. Il ne reconnaissait plus ni les gens, ni les animaux, ni les objets ; il avait perdu toutes les *réactions apprises* et n'en apprit jamais d'autres.

Jusqu'à présent, on n'a pas encore enlevé le cerveau du singe. Plus l'animal est élevé, plus il est difficile de le garder vivant après une telle opération ; l'effet du choc et le trouble circulatoire sont plus grands, et le cerveau est plus nécessaire à sa vie. Des êtres humains complètement décérébrés ne vivent pas longtemps. Les idiots ont souvent le cerveau au-dessous de la moyenne, et ce qui est plus important, les cellules nerveuses et leur dentrites sont mal développés. Les forces motrices des idiots sont ordinairement défectueuses. Certains idiots restent inertes, d'autres sont sans cesse en mouvement. Ces mouvements ont un caractère rythmique et consistent souvent en un balancement du corps en avant et en arrière, et moins souvent en un balancement d'un côté et d'autre, ou en un mouvement de la main à la figure et en retour. Ce ne sont pas des mouvements forcés ; ils s'arrêtent si l'attention de l'idiot est fixée sur quelque chose.

Beaucoup d'idiots sont incapables de faire des mouvements appris. D'autres — mais ceux-là jouissent sans doute d'une fonction cérébrale considérable — peuvent apprendre certains mouvements, comme de faire usage d'outils ou de jouer d'instruments à musique, mais les mouvements guidés par la raison sont rares.

Les mouvements qui peuvent être exécutés en l'absence des hémisphères, comprennent donc les actions fondamentales du tronc et des membres, comme la locomotion et les mouvements les plus simples, pour se défendre et se sauver, ainsi que les fonctions vitales, la respiration, l'action de manger, la réglementation du cœur et des vaisseaux sanguins, la transpiration. Les mouvements qui manquent comprennent ceux de l'expression faciale et ceux du globe des yeux, en réponse à la lumière, et les mouvements appris.

En comparant la valeur des mouvements réels chez un animal décérébré avec la valeur des mouvements chez un animal normal, nous avons l'impression que les mouvements sont ordinairement produits à travers le médium de l'écorce cérébrale, quoique les mêmes mouvements soient possibles en dehors de l'écorce. Un animal dépourvu d'écorce cérébrale demeure immobile la plupart du temps, ou bien il remue d'une façon monotone. L'initiation et l'inhibition du mouvement sont toutes deux défectueuses. Une grenouille décérébrée peut sauter, mais elle saute moins qu'une grenouille normale. Un poisson osseux décérébré peut nager, et étant sans cesse stimulé par l'eau, il nage continuellement, sans s'arrêter, comme le ferait un poisson normal, pour prendre la nourriture qu'on

lui tend. Et la torpeur de l'un des animaux et l'agitation de l'autre s'expliquent par l'absence des voies normales de réaction.

Si aux parties inférieures du système nerveux, nous ajoutons les hémisphères cérébrales, ce que nous ajoutons est essentiellement un grand réseau de voies nerveuses. Le cerveau diffère des niveaux inférieurs par la multiplicité effrayante et la complication des voies, ainsi que par leur plasticité. Tandis que les voies du système inférieur semblent pour la plupart déterminées par l'hérédité, celles du cerveau sont capables, par un emploi varié, d'un développement. L'expérience de chaque individu s'enregistre d'elle-même dans ses voies cérébrales.

Le cerveau est donc la place dans laquelle les *mouvements appris* se développent. Les mouvements qu'on peut obtenir en stimulant l'écorce cérébrale sont des mouvements spécialisés, dont voici des exemples [1] :

L'élévation de la lèvre supérieure, avec dépression de l'inférieure, de façon à faire voir les dents ;

Ouvrir la bouche et tirer la langue ;

Élever l'angle de la bouche, et fermer les yeux ;

Adduction des deux cordes vocales ;

Serrer le poing ;

Le mouvement pour porter la main en arrière renfermant l'adduction, l'extension et la pronation.

Ces mouvements sont spécialisés, mais tous ne sont pas appris ; il y en a d'instinctifs. Les mouvements de l'expression faciale et des yeux sont sans doute instinctifs, mais ils dépendent de certaines portions

1. Ferrier. *Functions of the Brain*, 2e édit., 1886, p. 240.

de l'écorce cérébrale. Par conséquent, quoique les mouvements appris aient besoin de l'écorce cérébrale, d'autres mouvements peuvent aussi en avoir besoin. Et lorsqu'un mouvement appris devient si habituel qu'il est exécuté inconsciemment, il est probablement exécuté à travers l'écorce ; il n'y a pas de raison de dire, comme cela se fait dans le peuple, que « ce mouvement est retourné à la moelle épinière ».

En somme, les voies des réactions apprises se trouvent dans l'écorce cérébrale ainsi que les voies de plusieurs mouvements spécialisés instinctifs. Les mouvements fondamentaux de nutrition, locomotion et défense sont complets au-dessous du niveau de l'écorce ; cependant on peut tout aussi bien les exciter et les prohiber par l'entremise de l'écorce cérébrale.

CHAPITRE X

LA COORDINATION

Admettons qu'un mouvement ait été excité, volontairement ou d'une façon réflexe, il reste à connaître le caractère du mouvement. La présence d'une stimulation sensorielle ou d'une idée peut faire qu'une réaction ait lieu ; mais la forme n'en est pas aussi simplement déterminée. Sous le nom de coordination, on étudie la forme du mouvement et son adaptation aux conditions qui le déterminent.

La forme d'un mouvement est déterminée en partie par des conditions purement périphériques, et ne dépend pas entièrement du système nerveux.

Certains mouvements vitaux ne sont point du tout coordonnés par le système nerveux. Les muscles du cœur sont la cause des battements du cœur, et la coordination parfaite des mouvements cardiaques, le travail des fibres musculaires qui poussent le sang, par conséquent l'alternance des mouvements ventriculaires et auriculaires tout cela est accompli par le muscle lui-même. La continuité du protoplasma entre toutes les fibres musculaires du cœur permet

une transmission musculaire de l'excitation.[1] L'action du système nerveux sur le cœur a pour effet de varier l'allure et la force de ses contractions. La même chose est probablement vraie pour les mouvements de l'estomac, des intestins, de la vessie et des sphincters, car on a trouvé qu'ils se trouvaient dans des conditions bien voisines des normales, lorsque les portions correspondantes de la moelle épinière étaient détruites[2].

Les muscles squelettaux se contractent ordinairement seulement par une excitation venue du système central nerveux, et leur coordination dépend des courants nerveux qui y arrivent. Cependant la forme des mouvements qui résultent, est déterminée en grande partie par des causes périphériques. La rapidité ou la lenteur, la grâce ou la lourdeur des mouvements n'est en aucune façon l'expression non équivoque de l'action du système nerveux ; mais elle dépend aussi de la grandeur et du poids des membres et de la force et de l'irritabilité de leurs muscles.

La combinaison des rotations des différentes jointures pour faire un mouvement composé du membre est aussi en partie de nature périphérique, indépendante du système nerveux. Certains muscles, leurs tendons y compris, passent à travers deux jointures, et les tournent. Et quand même un muscle ne passerait que sur une jointure, il en tournera deux, s'il

1. Gaskell. *Journal of Physiology*, 1883, IV, 43. — Porter. *Journal of Experimental Medecine*. New-York, 1897, II, 391.

2. Goltz et Ewald. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1896, LXIII, 388.

est laissé à lui-même. Il tend à mouvoir les deux os auxquels il est rattaché. O. Fischer[1] a démontré, par les principes de la mécanique et en faisant ses expériences sur un modèle et sur le cadavre, et par électrisation localisée sur des muscles vivants, — que le *brachialis anticus,* quoique ne passant que sur le coude, ne fléchit pas que le coude, mais fait remuer la partie supérieure du bras en arrière sur l'épaule. Le *triceps* tend de même le coude et remue la partie supérieure du bras en avant sur l'épaule. L'action des flexeurs des doigts est presque pareille ; en tirant sur les tendons extenseurs, ils étendent le poignet. Les extenseurs des doigts fléchissent le poignet; les flexeurs du poignet étendent les doigts, et les extenseurs du poignet fléchissent les doigts, ce qui peut être vérifié en essayant de combiner la flexion extrême du poignet avec la flexion extrême des doigts, ou l'extrême extension des deux. Si l'on fléchit tout à coup les doigts, on observe en même temps une extension du poignet. Cette combinaison naturelle des rotations est due en partie à l'action physique des flexeurs des doigts sur le poignet, et en partie à la contraction associée des extenseurs du poignet. C'est H. E. Hering qui a démontré cela, par des opérations sur des singes[2].

Il ressort de ces résultats qu'une flexion isolée d'une seule jointure peut exiger une coordination nerveuse et musculaire plus complexe que la flexion combinée de deux jointures, et que la première ne

1. *Beiträge zu einer Muskeldynamik.* Leipzig, 1895, p. 56.
2. Pflüger's *Archiv für d. ges. Physiol.*, 1898, LXX, 559.

peut jamais être assurée par l'action d'un seul muscle.

La contraction simultanée de toutes les fibres d'un même muscle exige la coopération de beaucoup de fibres motrices nerveuses, et c'est un mouvement coordonné. La contraction simultanée de plusieurs muscles d'un membre est une coordination d'un ordre supérieur ; le mouvement simultané de deux ou de plusieurs membres est d'un ordre encore plus élevé. Hering qui a fait ces distinctions insiste sur la simultanéité, comme sur le signe d'un seul mouvement ; lorsque les contractions se succèdent, il les appelle une succession de mouvements. Nous ne pouvons admettre cette distinction. Certains mouvements, comme de pousser le pied en avant en marchant, ou d'élever le bras de côté, dans une position verticale, seraient, d'après Hering des séries de mouvements, car la première partie en est effectuée avec un groupe de muscles, et la dernière partie avec un autre groupe. Mais il n'y a pas une division absolue entre les deux parties, la contraction du second groupe commençant avant que le premier groupe cesse.

La coordination exige à proprement parler la contraction de muscles ceux, qui seulement sont propres à produire le mouvement désiré. Une combinaison confuse de contractions musculaires amène des mouvements spasmodiques. Pour apprendre un mouvement nouveau, il faut graduellement éliminer les contractions qui ne sont pas nécessaires. Cependant, en dépit de coordinations héritées et acquises, il y a encore une *diffusion* considérable de l'impulsion mo-

trice. Un mouvement de l'un des bras peut être accompagné par un mouvement symétrique de l'autre bras. Dans un effort violent, les muscles du tronc, des jambes et de la face peuvent participer à la contraction qui tend seulement à remuer les doigts. WISSLER et RICHARDSON[1] ont enregistré les contractions des différents muscles du bras, au moyen de tambours enregistrants placés sur ces muscles. Ils ont trouvé que l'abduction de l'index n'était pas accompagnée seulement par la contraction de l'abducteur *indicis,* mais aussi par la contraction des extenseurs du poignet, et même du biceps. L'abducteur *indicis* se contracte d'abord; 0,17″ plus tard, l'extenseur *carpi radialis longior* ; et encore 0,16″ plus tard, le biceps. On ne connaît pas d'une façon certaine la fonction de l'avant-bras et du bras supérieur dans le mouvement.

Un mouvement coordonné ne signifie pas seulement une combinaison convenable des contractions des différents muscles, chacun selon sa force, son étendue et son temps, mais aussi le *relâchement des muscles antagonistes.*

Cette opinion est opposée à celle qui dit que, pour faire un mouvement, les muscles opposés au mouvement sont innervés aussi bien que ceux qui agissent dans la direction du mouvement.

Les recherches de SHERRINGTON ont apporté de la lumière dans ce sujet[2]. Il a fait des expériences sur les mouvements du globe de l'œil chez le singe. Il a

1. *Psychol. Review*, 1900, VII, 29.
2. *Journal of Physiology*, 1894, XVII, 27.

coupé le IIIe et le IVe nerfs d'un côté et a paralysé ainsi tous les muscles d'un œil, excepté le rectus externe. Cet œil pouvait être tiré au dehors par le rectus externe : il pouvait être repoussé jusqu'à la position centrale par l'élasticité de ces connections, *pourvu que le rectus externe fût relâché.* Alors cet œil, dans ses mouvements conjugués, suivait l'œil normal au dehors et en retour, jusqu'à la position médiane. On pouvait obtenir ces mouvements par des stimulations électriques sur l'aire corticale, et ils existaient aussi comme réponse à un objet vu en mouvement. Ce qui veut dire que soit dans les mouvements volontaires, soit dans l'excitation électrique du cerveau, un relâchement du rectus externe accompagne la contraction du muscle opposé. La même aire corticale qui cause la contraction des muscles qui tirent l'œil à droite, cause le relâchement de ceux qui le tirent à gauche.

Sherrington a obtenu les mêmes résultats sur les muscles de la jambe dans les mouvements réflexes[1]. Lorsque les muscles extenseurs sont en état de contraction tonique, il a produit une contraction réflexe des flexeurs, par une stimulation convenable, et cette contraction était accompagnée d'un relâchement des extenseurs.

En maintenant une jointure rigide, les muscles antagonistes sont simultanément innervés ; il en est de même dans des mouvements exécutés avec rigidité, mais dans ce cas, la contraction des antagonistes semble décroître avec la marche du mouvement. Au début

1. *Proceedings Royal Soc.* London, 1893, LII, 556.

d'un mouvement rapide et soudain, qui doit s'arrêter aussitôt, les antagonistes peuvent se contracter, probablement par anticipation de l'arrêt. Lorsqu'une alternance rapide des mouvements est en cours, les deux groupes opposés de muscles se contractent fortement, mais chacun se relâche un peu pendant le mouvement opposé.

Quoiqu'il y ait plusieurs situations dans lesquelles les muscles antagonistes se contractent simultanément, il ne faut pas mettre en doute le principe général que les antagonistes se relâchent de plus en plus, à mesure que le mouvement continue, et que ce relâchement est une partie intégrale de la coordination.

DÉPENDANCE ENTRE LA COORDINATION ET LES SENSATIONS.

Un mouvement peut être commencé par une sensation particulièrement localisée, mais sa forme et son efficacité dépendent aussi d'autres sensations. Les sensations qui représentent la position d'où part le mouvement sont essentielles, ainsi qu'on le voit par le fait que la même stimulation cutanée peut causer la flexion de la jambe d'une position d'extension, ou l'extension, d'une position de flexion. Les sensations qui représentent la marche du mouvement et la résistance rencontrée, sont nécessaires pour son achèvement.

On peut démontrer l'influence de la sensation sur la coordination, en privant un membre de sensation et en remarquant les défauts du mouvement.

Claude Bernard [1] a privé de sensation un membre de derrière d'un chien, en coupant les racines postérieures des nerfs qui viennent de ce membre. Un membre ainsi privé de sensation ne servait plus pour supporter le corps, mais il restait fléchi ; si l'animal courait, le membre était traîné, avec des mouvements faibles et incertains ; dans la marche, il alternait avec d'autre membre, d'une façon plutôt normale. Claude Bernard conclut de ces résultats que le mouvement était physiologiquement dépendant de la sensibilité. Il démontra ensuite que la coordination n'était pas contrôlée par la sensibilité cutanée, car en arrachant la peau d'une grenouille, le mouvement n'en était pas troublé. Ou, s'il coupait le nerf cutané de la patte d'un oiseau, cela n'empêchait pas cette patte de pouvoir s'agripper à une barre.

Les résultats obtenus par les expériences sur les singes sont spécialement intéressants, car ils sont plus rapprochés des conditions humaines. De telles expériences ont été essayées par Mott et Sherrington [2] et par H. E. Hering [3]. Un membre privé de toutes ses racines sensorielles se meut encore en association avec les autres membres, mais ces mouvements manquent de précision. Pour grimper sur une perche, les mouvements exécutés avec ce membre ne sont d'aucun secours. L'animal n'exécute plus de mouvements spécialisés avec ce membre, comme l'action

1. *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*. Paris, 1858, I, 246.

1. *Proceedings Royal Soc.* London, 1895, LVII, 481.

3. *Neurologisches Centralblatt*, 1897, XVI, p. 1077.

de saisir, quoiqu'on puisse les obtenir par une stimulation électrique de l'aire corticale. Ce dernier fait indique que l'activité normale de l'écorce motrice dépend des sensations des parties correspondantes du corps.

Dans quelques-unes de ces expériences, on a laissé intacte l'une des racines sensorielles, celle qui soutient la peau de la main ; alors la main pouvait être employée pour saisir. L'animal voulait prendre un grain de riz, mais au lieu d'y diriger la main tout droit, il la faisait mouvoir de côté et d'autre et manquait souvent son but. Ainsi, le mouvement adroit du pouce et de l'index, par lequel le singe saisit le grain, est devenu maladroit et manque souvent de saisir le grain. Ce n'est pas la sensibilité tactile, mais la sensibilité musculaire qui manque ici et l'expérience montre encore une fois l'importance du sens musculaire dans la coordination des mouvements[1].

Le manque de précision qui accompagne le manque de sensation a été analysé de près par Hering[2]. Dans certains cas, l'erreur consiste en un *excès* de contraction musculaire. Le mouvement ne s'arrête pas assez rapidement. Normalement il est arrêté par une innervation réflexe des muscles antagonistes ; quoique le mouvement soit commencé volontairement, il est arrêté d'une façon réflexe[3]. Si

1. Voir aussi plus haut le chapitre sur le sens musculaire, p. 14 et suiv.

2. Pflüger's *Archiv f. d ges. Physiol.*, 1897, LXVIII, 17. — *Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 1897, XXXVIII, 278.

3. Cf. Waller. *Brain*, 1892, LVII, 35.

cependant la voie réflexe était interrompue pendant que la voie volontaire demeure intacte, les mouvements volontaires sont immodérés et saccadés.

L'ataxie locomotrice offre des exemples de mouvements non réprimés. Cette maladie est associée anatomiquement à des lésions des racines sensitives et des voies sensitives de la moelle épinière ; l'un de ses symptômes est la perte ou l'insuffisance du sens musculaire. Quelques-unes des plus grandes autorités modernes (Gowers, Goldscheider) regardent l'absence du sens musculaire comme la cause de l'incoordination du mouvement, aussi bien que de la perte du tonus musculaire, qui se révèle par l'absence des réflexes tendineux. Goldscheider a vérifié expérimentalement cette assertion [1] : il a inscrit sur un tambour les mouvements volontaires de ses doigts, les jointures étant anesthésiées par faradisation ; les mouvements ressemblaient à ceux d'un ataxique, par leur caractère saccadé.

L'anesthésie totale d'un membre, comme nous l'avons vu dans les cas cités dans un chapitre précédent [2] produit des troubles moteurs. Il y a des personnes qui ne peuvent pas du tout remuer un membre anesthésié, à moins qu'elles ne le regardent ; d'autres peuvent le remuer sans le secours des yeux, mais le mouvement n'est que commencé et n'est pas conduit jusqu'à la fin. Non seulement l'absence, mais aussi l'excès de contraction musculaire peut résulter de l'anesthésie. La catalepsie est un exemple d'excès.

1. *Zeitschrift f. klin. Med.*, 1889, XV, 111.
2. Voir plus haut, p. 15, et aussi Bastian. *Brain*, 1887, X, 1.

Longet a parfaitement bien résumé cette question. En étudiant les maladies des faisceaux postérieurs de la moelle épinière, il a observé que les symptômes étaient aussi bien moteurs que sensoriels. Un patient chancelait en marchant, un autre éprouvait de la difficulté à s'asseoir, une autre ne pouvait faire usage de son aiguille qu'avec l'aide immédiate des yeux, ses doigts étant engourdis, un autre faisait des mouvements spasmodiques, ressemblant à ceux de la chorée. Longet interprète ces symptômes de la façon suivante[1] :

« A n'en pas douter, la condition première de l'harmonie dans les mouvements se trouve dans la sensation même de leur accomplissement. En effet, comment voudrait-on qu'un homme ou un animal qui a perdu la sensation des mouvements exécutés par ses membres, qui ne peut plus juger de leur attitude, de leurs rapports avec les objets extérieurs, qui ne sait même, pour ainsi dire, s'ils existent, qui enfin ne sent pas, avec ces membres, le sol sur lequel il pose, pût marcher régulièrement, conserver son équilibre et faire agir ceux-ci avec leur énergie, leur promptitude et leur harmonie premières ? Dans ce cas, la volonté ne peut avoir qu'une action très incomplète sur les muscles : dès lors on ne doit plus s'étonner du trouble considérable qu'occasionne, dans les fonctions locomotrices, une lésion profonde des faisceaux médullaires postérieurs, qui néanmoins président exclusivement à la sensibilité ».

1. *Anatomie et physiologie du système nerveux.* Paris, 1842, I, 326.

Les canaux semi-circulaires fournissent des impulsions sensorielles, conscientes et inconscientes, qui ont beaucoup à faire avec le contrôle du mouvement. C'est d'eux que procèdent les mouvements compensatoires, décrits dans un chapitre précédent[1]. Et chaque mouvement peut être influencé par ces canaux, car chaque mouvement, pour être coordonné, doit respecter l'équilibre du corps. Il est probable qu'il y a une influence tonique des canaux sur les cellules nerveuses motrices de la moelle épinière. Bickel[2] a trouvé que les troubles dans le mouvement, qui résultent de la section des racines postérieures, disparaissent après un certain temps ; mais ils reparaissent et demeurent à jamais, si le labyrinthe est extirpé à son tour.

Aucun sens n'est absolument indispensable à la coordination du mouvement. Un patient dont le sens musculaire est défectueux, apprend à guider ses mouvements par la vue ; celui à qui les canaux semi-circulaires manquent, peut se servir de la vue et du sens musculaire. Chaque sens peut donc servir, à un certain degré, pour le contrôle du mouvement. La vue et l'ouïe sont surtout nécessaires pour assurer la précision de mouvements comme ceux des doigts ou du larynx.

Si nous recherchons quel est le mécanisme qui exécute les contractions combinées de plusieurs mus-

1. Voir plus haut, p. 62 et suiv.
2. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1897, LXVII, 299.

cles, chacun à son temps, selon sa force et son étendue et avec le relâchement simultané et proportionnel des muscles antagonistes, nous pouvons répondre d'une façon générale que ce mécanisme consiste en *cellules nerveuses embranchées*[1]. Par ses différentes branches, une cellule nerveuse en excite plusieurs autres et les amène à agir en combinaison avec elle. Une cellule nerveuse motrice, par son filament axial, excite plusieurs fibres musculaires ; une cellule centrale spinale excite par ses branches plusieurs cellules motrices ; un axe sensoriel stimule par ses branches plusieurs cellules centrales spinales. De cette façon, le courant nerveux se répand et plusieurs muscles répondent à la stimulation de peu de fibres sensorielles. Chaque cellule nerveuse agit par ses branches comme un distributeur, et, comme ses branches sont distribuées d'après un plan défini, elle agit comme un coordinateur. On attache une importance spéciale aux cellules centrales ou commissurales de la moelle épinière, pour la coordination des mouvements des membres. Le même mouvement d'un membre peut être obtenu par le cerveau ou par stimulation sensorielle ; le même mouvement peut être réflexe ou volontaire. Il semble que dans ces deux cas, les fibres descendant du cerveau et les fibres sensorielles des périphéries agissent sur le même mécanisme de la moëlle, c'est-à-dire, probablement sur les mêmes cellules centrales coordinatrices.

Dans la coordination il y a cependant quelque

1. Voir H.-E. Hering. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1898, LXX, 603.

chose de plus que la distribution d'une excitation. Il doit y avoir une harmonisation des effets des nombreuses incitations sensorielles et autres au mouvement qui agissent simultanément sur le système.

Nous avons vu [1] que la destruction d'un labyrinthe détruit la symétrie de la position de l'animal et du mouvement. Dans des conditions normales, les tendances à la rotation dans les sens opposés, qui résultent d'une faible stimulation constante des labyrinthes opposés se balancent les unes les autres. On pourrait conjecturer que cet équilibre était accompli par une égale contraction des muscles opposés ; mais cette opinion n'est pas probable, si nous considérons que la contraction musculaires observée des deux côtés du corps, dans des conditions normales, n'est pas aussi forte que celle que nous voyons d'un seul côté lorsqu'un labyrinthe fonctionne seul. L'équilibre des sensations opposées doit être assuré au-dedans du système nerveux et très probablement par le cervelet. Cet organe, recevant les impulsions de tous les sens et spécialement de ceux qui tendent à causer les mouvements réflexes du corps, peut très probablement avoir la fonction de contrebalancer une sensation par une autre. Le mécanisme de cette *coordination sensorielle* peut être l'inverse de celui de la coordination motrice. Il peut dépendre de la réception par une cellule — ou un groupe de cellules — des impulsions dérivantes de plusieurs cellules. Les voies sont convergentes.

Nos corps seraient en état de constante rigidité, sans

1. Voir plus haut, p. 59.

certaines de ces combinaisons centrales, de ces harmonisations et de ces inhibitions mutuelles des impulsions sensorielles au mouvement. L'inhibition des mouvements réflexes s'accomplit au centre, et non pas aux périphéries, par la contraction des muscles antagonistes[1].

Il est certain qu'il n'existe pas un seul « centre » coordinateur. Le cervelet a souvent été appelé le centre de coordination ; mais le centre coordinateur pour les réflexes spinaux se trouve dans la moelle épinière ; le centre coordinateur pour les mouvements respiratoires complexes se trouve dans la moelle prolongée ; ici se trouve aussi le centre pour la déglutition ; le centre coordinateur pour les mouvements des yeux se trouve apparemment dans les *corpora quadragemima anteriora* et il est stimulé par l'écorce motrice ou visuelle ou auditive, ou par le labyrinthe ; le centre coordinateur de l'expression faciale se trouve apparemment dans le *thalamus* optique et il est stimulé par l'écorce cérébrale. L'écorce elle-même contient des centres coordinateurs pour les mouvements appris et spécialisés comme ceux de la parole. Le cervelet est, dans le même sens, un centre coordinateur pour les mouvements de locomotion et pour le maintien de la position.

Dans tous ces cas, la coordination ne s'accomplit pas d'une façon mystérieuse par le centre, comme un tout, mais par la convergence et la distribution des impulsions nerveuses données par les branches cel-

1. Voir Heidenhain, Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1881, XXVI, 555.

lulaires et les sypnases qui s'y trouvent. Un centre de coordination est un agrégé de fibres coordinatrices ; les fibres courtes nommées commissurales ou d'association, qui abondent dans les centres, ont probablement une importance spéciale dans la coordination.

CHAPITRE XI

DYNAMOGENÈSE : LA FORCE MOTRICE DES SENSATIONS ET DES IDÉES

Le chapitre précédent a renfermé plusieurs références à l'influence des impulsions sensorielles sur le mouvement. On a trouvé que les sensations d'un membre qui se meut sont nécessaires à la bonne coordination de ses mouvements. Dans certains cas, les sensations incitent le mouvement à une plus grande force, comme pour vaincre une résistance; dans d'autres cas, elles arrêtent le mouvement. La perte de la sensation peut apporter soit un défaut dans la force et l'étendue du mouvement, soit un excès dans la force et l'étendue.

On a montré encore qu'une stimulation, appliquée à la peau ou à l'écorce motrice, peut agir soit pour renforcer soit pour empêcher l'effet d'une autre stimulation. Les sensations de n'importe quelle partie du corps, et non pas seulement du membre qui se meut, peuvent exercer un effet qui facilite ou qui empêche. Bref, la réaction motrice totale du système nerveux est à un moment donné la résultante de toutes les stimulations qui agissent à ce moment-là sur lui.

L'influence des sensations, des pensées et des émo-

tions sur les mouvements du corps, a naturellement excité l'attention des psychologues, et certains résultats obtenus sont frappants. On a désigné cette série d'études sous le nom de *dynamogenèse* pour l'effet des sensations et autres états conscients qui augmentent (ou diminuent) la force et la rapidité de l'effort volontaire ; et sous le nom de *force motrice des idées,* la tendance des idées à faire naître des mouvements expressifs.

On peut à peine séparer cette série d'études des études motrices sur les émotions. On discute encore beaucoup la théorie suggestive des émotions avancée par James et par Lange, selon laquelle les mouvements expressifs sont la chose primaire, tandis que l'émotion elle-même consiste en sensations qui naissent de ces mouvements. Nous n'entrerons pas dans les détails de cette question, mais nous nous référerons simplement à l'aperçu complet qu'en a donné Sergi [1]. Nous pouvons dire en passant, et au point de vue moteur, que les émotions ont, sans aucun doute, des effets moteurs, et tout aussi sûr, les sensations des mouvements expressifs contribuent au moins à l'émotion elle-même. Il y a peut-être une action réciproque qui fait qu'une émotion se reflète si longuement dans la conscience et dans le système moteur.

L'effet dynamogénique de certaines sensations, et les effets inhibitoires des autres, sont des faits familiers, illustrés par l'effet stimulant de la musique

1. *Les Émotions*. Paris, 1901.

martiale et l'effet calmant d'une musique lente; par l'effet stimulant d'une sensation froide sur l'activité musculaire, et par l'effet relâchant d'une sensation chaude, confortable. Mais c'est à Féré que nous devons principalement une étude minutieuse sur ces effets. Il les a étudiés d'abord à l'aide d'un dynamomètre[1], et ensuite par l'ergographe de Mosso[2]. Il a trouvé que les impressions de chaque sens étaient en état d'exercer ces effets et que les effets variaient avec la qualité et l'intensité des sensations.

Différents individus subissent ces effets d'une façon très inégale. Chez les uns, il n'a obtenu que des résultats faibles ou inconstants ; d'autres étaient plus sensibles. Certains patients hystériques montraient des effets dynamométriques très puissants et uniformes. Il faut considérer les effets ainsi obtenus comme une exagération des effets normaux. Cependant, certains effets peuvent être provoqués chez les sujets normaux.

Les effets moteurs de la musique sont familiers, mais on pouvait les rapporter au rythme ou aux émotions qui viennent de naître. Féré a prouvé que le ton uniforme d'un diapason, ou d'une seule note frappée au piano, sans qu'elle soit accompagnée d'aucun rythme, d'une mélodie ou d'une harmonie, était en état d'augmenter la force de saisir de la main, ainsi qu'il l'a mesuré par le dynamomètre. L'influence dynamogénique augmente avec le bruit du son, et, en une certaine mesure, avec sa hauteur. On n'a

1. *Sensation et Mouvement*. Paris, 1re édit., 1887 ; 2e éd., 1900.

2. *Année psychologique*, 1900, VII, 69, 82, 143.

cependant pas obtenu les effets les plus puissants avec les notes les plus hautes, mais par les notes moyennes du piano.

En ce qui concerne les stimulants visuels, le blanc semblait avoir un faible effet stimulant, et l'obscurité produit une légère dépression. Mais les couleurs ont été distinctement dynamogéniques. Cela est vrai surtout pour la lumière rouge, qui chez certains sujets a doublé la force saisissante. L'orange a eu l'effet le plus rapproché, ensuite le vert, le bleu ; le violet n'en a eu que très peu. La position du jaune était particulière ; au lieu d'avoir un effet intermédiaire entre l'orange et le vert, comme on l'attendrait de sa position spectrale, il était plus faible que le vert. Ce résultat semble indiquer que les effets des couleurs sont en relation avec leur valeur émotive, plutôt qu'avec la proportion de leurs vibrations, ainsi que l'explique Féré. L'effet puissant du rouge dans ces expériences est intéressant, surtout lorsqu'on se rappelle que cette couleur est celle qui excite le plus les animaux, les sauvages et les enfants.

L'effet dynamogénique d'une couleur était augmenté, si l'objet coloré était mis en mouvement.

Dans le goût, l'amer a l'effet moteur le plus puissant, ensuite le salé, et le doux, le plus faible. Un stimulant acide (l'acide acétique) a eu l'effet le plus puissant, compliqué, il est vrai, par des sensations tactiles et olfactives. Les odeurs avaient un effet puissant, le musc étant spécialement efficace comme stimulant. L'effet stimulant immédiat de certains aliments est dû sans doute à leur goût et à leur parfum dynamogénique. Les odeurs ont été

étudiées de la même façon par d'autres expérimentateurs : elles se rapprochent beaucoup du côté émotif de la conscience. Ce ne sont pas toujours les odeurs agréables qui stimulent, ni les désagréables qui déprimment. Les odeurs piquantes ont en général un effet stimulant, tandis que les odeurs lourdes ont l'effet opposé.

Les sensations cutanées, soit de pression, ou de chaleur ou de froid local, augmentent aussi la force saisissante, comme l'a prouvé Féré. Les sensations « musculaires », produites par une extension active ou passive des membres, étaient aussi effectives. Les hallucinations, chez les sujets hypnotisés, avaient des effets pareils à ceux des sensations objectives. Un travail intellectuel court peut aussi augmenter d'une façon perceptible la force saisissante. Même une impulsion afférente inconsciente, comme celle qui est produite par la stimulation des parties insensibles du corps, telle que l'utérus, faisait naître, chez certains sujets, une augmentation de force.

Les sensations stimulantes n'augmentaient pas seulement momentanément la force de l'effort musculaire volontaire, mais elles produisaient un délassement temporaire de la fatigue. Lorsque la hauteur du tracé ergographique tombait à zéro, on pouvait la faire remonter par une sensation dynamogénique et continuer pendant un certain temps[1]. On a trouvé cependant que cette stimulation produisait après quelque temps un post-effet négatif, et que les sensations déprimantes produisaient un post-effet positif,

1. *Année psychologique*, 1900, VII, 69.

de sorte que la somme totale de travail accomplie à la fin n'était pas beaucoup altérée, ni par les stimulants, ni par les déprimants.

Il est difficile de tirer des travaux de Féré une interprétation exacte des faits de dynamogenèse. Dans certains passages, il parle d'un effet stimulant sur les « vibrations organiques » ; dans d'autres passages, il attribue, d'une façon plus déterminée, certains effets à une plus grande clarte dans l'*idée* du mouvement qui doit être exécuté. Le mouvement suit ou accompagne l'idée de mouvement ; en rendant l'idée plus intense, on fortifie le mouvement. Quoique cette explication soit parfaitement applicable à l'effet stimulant des sensations du mouvement, ou à la vue d'une autre personne qui fait le même mouvement, elle n'est pas toujours exacte. Une lumière rouge, par exemple, ne tend pas plus à intensifier l'idée du mouvement d'une main, qu'une lumière verte. Les couleurs, les tons, les goûts et les parfums n'ont pas de relation apparente sur l'idée de serrer un dynamomètre ou de soulever un poids avec l'ergographe. L'effet stimulant de ces sensations n'est pas spécifique ; il agit ordinairement sur tout le système nerveux.

Féré lui-même a reconnu et clairement montré cet effet général. Il trouve que les sensations augmentent parfois les mouvements involontaires de muscles squelettaux et qu'elles produisent toujours des effets vasomoteurs. Une sensation ou une idée qui rend plus forte l'action de saisir, détermine aussi une augmentation du flux du sang aux périphéries. Le plethysmographe montre, comme résultat des stimu-

lations sensorielles, une brève dilatation vasculaire, suivie ordinairement d'une plus brève constriction. La dilatation agissait probablement d'une façon directe, pour augmenter l'énergie nécessaire aux muscles ; et en certaine façon, c'était le signe d'un effet large de la sensation dynamogénique. Une telle sensation est apte à produire aussi des changements dans les battements du cœur, dans la respiration, dans l'aspect de la prunelle, dans la tension de la vessie et même dans les mouvements de l'estomac. Il est donc clair que l'effet stimulant d'une sensation ne peut être associé à ses effets sur les idées du mouvement seul. Il se reflète dans tout l'organisme, et entre autres effets, il augmente sans doute (ou diminue) la tonicité des centres moteurs inférieurs.

Il semble que Féré lui-même indique comme explication fondamentale de ces effets cette influence générale sur la tonicité, ainsi qu'il ressort du passage suivant :

« Toute excitation détermine non pas seulement la tension d'un muscle ou d'un groupe de muscles, mais une érection générale de l'organisme tout entier. Et c'est justement à cette érection, qui s'accompagne d'une augmentation de la tonicité de tous les muscles, qu'est due l'expression de satisfaction ou de plaisir qui se traduit non seulement par l'aspect de la face, mais encore par l'attitude du corps, où domine l'extension ; tandis qu'à l'état inverse, la dépression, correspond un relâchement musculaire général qui se traduit dans les membres et le tronc par la prédominance de la flexion et dans la face par la flaccidité des mêmes muscles, d'où il résulte que les chairs

semblent s'abandonner aux lois de la pesanteur[1]. »

Dans les études qu'on a faites sur l'influence des sensations et des états mentaux sur le *réflexe patellaire,* on trouve la confirmation de cette opinion que les effets dynamogéniques sont généraux. Une contraction brève et soudaine du muscle quadriceps, obtenue par un coup sur son tendon, est un indice de la tonicité musculaire réflexe et involontaire, qui est toujours présente, à un degré plus ou moins élevé, dans beaucoup, si non dans tous les muscles. Une maladie, telle que le tabes dorsal, qui en interrompant l'arc réflexe détruit la tonicité musculaire, abolit aussi le réflexe patellaire. Une condition mentale qui augmente ou diminue la tonicité, agit de la même façon sur ces mouvements du genou[2].

La tonicité musculaire étant involontaire et inconsciente, ce qui l'influence doit agir sur les centres inconscients. Les expériences de plusieurs auteurs ont prouvé que les influences dynamogéniques affectent le réflexe patellaire, de la même façon que Féré avait trouvé qu'elles affectent la force de la contraction volontaire.

Lombard[3] a trouvé que chez certaines personnes, le réflexe patellaire est sujet à des variations continuelles dont on ne voit pas la cause. Il faut la chercher probablement dans les variations correspondantes de la tonicité du système nerveux, produites par des sensations variées, des idées et des influences incon-

1. *Sensation et Mouvement,* 2e édit., p. 91-2.
2. Voir Vogt. *Zeitschrift für Hypnotismus,* 1900, X, 202.
3. *American Journal of Psychol.,* 1887, I, 1 ; *Arch. für (Anat. und) Physiol.,* 1889, Sup. Bd., p. 292.

scientes. En dehors de ces variations irrégulières, il y avait encore un changement journalier régulier ; le mouvement était faible au lever, plus fort après le déjeuner, variable pendant la journée, et de nouveau faible avant le coucher ; c'était la courbe diurne d'un individu. — La force du réflexe patellaire était accrue par un effort musculaire volontaire, par une sensation cutanée, comme la démangeaison, ou par une sensation excitante, comme le cri d'un enfant. Elle n'était pas influencée d'une façon perceptible par des sensations qui n'offraient pas d'intérêt, et qui étaient trop souvent répétées, comme le passage des voitures dans la rue. La musique avait un effet prononcé, différent d'après son style ; une musique militaire passant dans la rue, ou un morceau vif, joué par un bon pianiste, était très dynamogénique ; une musique douce et calmante produisait l'effet inverse. Un travail mental tranquille n'avait pas d'effet marqué ; mais un travail rapide et excitant augmentait les mouvements du genou. Vogt a aussi remarqué des effets semblables.

On applique en clinique certains de ces effets, dans le but de faire paraître le réflexe, s'il n'apparaît pas promptement. Le renforcement est expliqué souvent comme un effet de la distraction, car on a trouvé que lorsque le patient concentre son attention sur sa jambe, on ne peut obtenir le réflexe. Mais l'explication par la distraction ne peut expliquer pourquoi une musique douce ou martiale, intéressantes toutes deux, ont des effets opposés. En outre, une personne qui été soumise à des centaines de secousses, comme Lombard, accorde peu d'attention à sa jambe ; l'atten-

tion n'a donc pas besoin d'être distraite. Les effets des différents stimulants sur le réflexe patellaire, comme sur l'étreinte, sont dynamogéniques ou inhibitoires. Ils enregistrent les effets généraux des stimulants sur la tonicité du système nerveux central.

On est arrivé à une connaissance plus parfaite des effets dynamogéniques, par des expériences dans lesquelles on a enregistré l'instant précis de la stimulation dynamogénique. Bowditch et Warren[1] ont trouvé de cette façon qu'une même stimulation, appliquée au moment propice, renforce le réflexe patellaire, tandis qu'appliquée à un autre moment, elle diminue ou empêche le mouvement. Le renforcement du mouvement du genou, obtenu par une étreinte volontaire de la main, était plus fort, lorsque la contraction volontaire coïncidait presque avec le coup sur le ligament patellaire, et il diminuait lorsque l'étreinte précédait le coup; si elle le précédait de plus de 0,4″, le renforcement se changeait souvent en diminution, mais si elle le précédait de 2″ ou davantage, elle n'avait plus d'effet notable sur le mouvement du genou. En interprétant le réflexe patellaire comme une mesure de la tonicité de la moelle épinière, nous voyons que la tonicité est augmentée par une contraction musculaire volontaire, mais qu'en moins d'une demi-seconde, cette augmentation donne lieu à un effet négatif postérieur. L'effet d'une stimulation sensorielle, auditive, visuelle ou tactile présente les mêmes caractères, quoiqu'ici l'effet postérieur soit moins marqué.

1. *Journal of Physiology*, 1890, XI, 25.

Hofbauer[1] a recherché les effets toniques de l'effort musculaire volontaire sur les réflexes, et il est arrivé au même résultat. Il a obtenu des mouvements involontaires par des sensations saisissantes, comme un coup de pistolet, une grande étincelle électrique, ou un grand choc électrique appliqué sur la peau. Il a interpolé ces tressaillements involontaires par une expérience ergographique, dans laquelle la contraction volontaire maximale arrivait toutes les deux secondes. Si le mouvement involontaire tombait entre deux mouvements volontaires, il était comparativement faible; au moins qu'il n'arrivait à 0,2″ seulement avant la contraction volontaire; alors il était fort, plus fort que le mouvement volontaire précédent. Il est évident qu'à ce moment, l'appareil moteur était dans une condition spéciale d'irritation, et aussi que la violente stimulation sensorielle était en état de décharger plus fortement l'appareil moteur, que ne pouvait le faire le mouvement volontaire. Ces réactions puissantes n'étaient pas la somme d'une contraction réflexe et d'une contraction volontaire; leur forme était celle d'une contraction réflexe, rapide et courte, distincte de la courbe plus lente et plus prolongée des contractions volontaires. L'introspection a prouvé que les sensations saisissantes et leurs réactions, précédant immédiatement le moment déterminé pour une contraction volontaire, empêchaient l'effort volontaire. Il semblait que la sensation avait pour effet d'exciter l'appareil moteur inférieur avec plus

1. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiologie*, 1897, LXVIII, 546.

de force que ne pouvaient le faire les centres volontaires, et agissait en même temps d'une façon inhibitoire sur les centres volontaires eux-mêmes.

Cleghorn[1] a trouvé que si une stimulation violente était faite pendant une contraction, le tressaillement prenait la forme d'un relâchement rapide. Cet effet n'était pas dû à une contraction soudaine des muscles antagonistes, mais à une précipitation du processus de relâchement.

Les effets dynamogéniques et inhibitoires ont sans doute de l'influence sur tous nos mouvements. Quelque volontaire que soit un mouvement, sa force aussi bien que sa forme sont déterminées en grande partie par des influences externes qui agissent en même temps sur le système.

La force motrice des idées va de pair avec la force motrice des sensations. Une sensation, ou une situation imaginée, peut, aussi bien que les mêmes actes réels, réverbérer à travers le système nerveux et stimuler ou déprimer l'activité motrice. Nous avons déjà parlé de ces influenees stimulantes ou déprimantes de l'imagination. Il est probable qu'aucune sensation n'exerce ses effets en vertu de ses qualités purement sensorielles ; chaque sensation est aussitôt enveloppée dans un nuage d'imaginations et ses effets dynamogéniques leur sont dus en partie.

Mais l'effet moteur des idées n'est pas renfermé dans une dynamogène diffuse ou dans l'inhibition ; beaucoup d'idées ont comme résultat naturel des mouvements spécifiques. L'idée étant donnée, le

1. *American Journal of Physiology*, 1898, I, 336.

mouvement suit ; il peut être inhibité, mais on peut quand même le trouver dans une forme rudimentaire.

C'est particulièrement l'idée du mouvement corporel qui est suivie naturellement du mouvement même. Si je me dépeins à moi-même, sous de vives couleurs, un mouvement de mon bras, j'ai besoin d'un effort spécial d'inhibition pour empêcher mon bras de remuer en réalité. Si je m'imagine que mon œil droit cligne, j'observe que cet œil essaie immédiatement de se fermer.

L'idée du mouvement peut encore être suscitée en moi par la vue d'une autre personne faisant ce mouvement. Si cette idée me fait sentir ses effets, j'imite le même mouvement. Nous voyons là la base instinctive de l'imitation. Dans la vie civilisée, ces mouvements imitatifs sont réprimés en grande partie ; mais pour qu'on voie ses mouvements imitatifs apparaître pleinement, on n'a besoin que de se trouver en vue de mouvements qui excitent ou absorbent son attention. La vue d'une lutte ou d'une partie de foot-ball fait naître nos mouvements imitatifs. Les spectateurs peuvent reproduire dans leur propre corps les efforts de leurs combattants favoris. J'ai remarqué que lorsqu'un joueur était près de frapper la balle du pied, il y avait des spectateurs faisant les mêmes mouvements. Ce n'était pas tant la vue d'un mouvement fait que l'imagination du mouvement qui allait s'accomplir, qui produisait ce mouvement involontaire et souvent inconscient du spectateur.

Ordinairement, plus ou moins des réactions motrices appropriées des idées sont supprimées par des

réactions contraires, appropriées à d'autres idées. Beaucoup d'effets moteurs sont inhibités par l'air relativement calme qui exprime notre idée du décorum ; on en trouve cependant beaucoup sous une forme atténuée. Dans ses études sur les moindres mouvements perceptibles, Golscheider[1] a trouvé qu'en imaginant vivement que les doigts produisent un mouvement, il y avait toujours en réalité un mouvement suffisant pour s'enregistrer mécaniquement, quoique trop faible pour être perçu clairement. Un mouvement, imaginé avec moins de vivacité, ne produisait aucun mouvement réel qui pût être enregistré par son appareil.

Les muscles de la phonation sont particulièrement susceptibles d'être stimulés par le processus idéational du cerveau. L'idée de parler produit des mouvements réels d'articulation. Ces mouvements sont très faibles, mais ils affectent cependant un appareil enregistreur délicat. Hansen et Lehmann[2] ont pu rendre perceptibles à l'ouïe des « pensées silencieuses » à l'aide de miroirs paraboliques, dont les foyers étaient occupés l'un par la bouche du sujet, et l'autre par l'oreille de l'observateur. En appliquant un tambour sur la peau qui recouvre le larynx, Curtis[3] en a pu enregistrer les mouvements, pendant que le sujet répétait mentalement un discours ou une poésie. Sur vingt sujets, quinze ont donné des mouvements perceptibles, très faibles chez les uns, presque aussi

1. *Archiv für (Anat. u.) Physiol.*, 1889, Sup. Bd., 211.
2. Wundt's *Philosoph. Studien*, 1895, XI, 471.
3. *American Journ. of Psychol.*, 1900, XI, 237.

grands chez d'autres, que s'ils avaient volontairement murmuré ces paroles. Les personnes dont le larynx était immobile pendant qu'elles s'imaginaient parler, le gardaient immobile aussi pendant qu'elles murmuraient volontairement.

Féré[1] a suggéré à un sujet hypnotisé l'hallucination auditive de la lettre L prononcée, et il a trouvé que la langue du sujet faisait réellement les mouvements articulatoires nécessaires à la prononciation de l'L ; et lorsque la langue était empêchée de faire ces mouvements, l'hallucination cessait. Il ajoute : « J'appelle particulièrement l'attention sur ce fait, qu'en s'opposant aux mouvements qui accompagnent une représentation mentale, on peut supprimer cette représentation. »

Des expériences semblables ont été faites sur des sujets normaux, par T. L. Smith[2] et par Breese[3]. Ils défendaient au sujet d'articuler des syllabes ou des noms, et ils déterminaient l'effet de cette défense sur le pouvoir de mémoriser les syllabes ou les noms. Dans ses expériences, Smith montrait à son sujet des syllabes imprimées, mais ne présentant aucun sens, et il l'empêchait de les articuler, en lui faisant répéter sans cesse les chiffres *un, deux, trois, un, deux, trois,* ce qui avait pour effet d'augmenter la difficulté qu'éprouvait le sujet à mémoriser. Il a été prouvé que cet effet n'était pas dû simplement à ce

1. *Sensation et Mouvement*, 2e édit., p. 106.
2. *American Journ. of Psychol.*, 1896, VII, 453.
3. On Inhibition. *Psychol Review*, Monograph Supplement, nº 11, 1899.

que l'attention était distraite ; mais la présentation et la représentation mentale des syllabes était rendue moins claire par l'absence d'accompagnement moteur. Breese a obtenu les mêmes résultats d'une façon un peu différente. Il demandait simplement au sujet d'empêcher lui-même, volontairement, ses mouvements articulatoires. La difficulté qu'on éprouvait d'obéir à ce désir prouvait que ces mouvements sont normalement toujours présents, et non seulement lorsque l'idée en est suggérée par des paroles prononcées ou imprimées, mais aussi par des objets regardés. En essayant de mémoriser une série de couleurs, les noms en étaient naturellement articulés, et si le sujet était empêché d'articuler, il mémorisait plus difficilement. Dans ce dernier cas, certains sujets adoptaient d'autres signes moteurs pour les différentes couleurs qu'on leur montrait et facilitaient ainsi le processus de la mémorisation. Ces résultats, et d'autres du même genre, amenèrent Breese à la conclusion que, « en général, en empêchant les éléments moteurs de se produire, on tend à empêcher aussi la conscience ».

« L'idée du mouvement, c'est déjà le mouvement qui commence. » En rendant l'idée plus intense, on intensifie le mouvement ; en empêchant le mouvement, il faut se débarrasser aussi de l'idée ; ou bien, empêchez le mouvement, et vous empêcherez l'idée, intensifiez le mouvement, comme par exemple le mouvement expressif d'une émotion, et vous intensifierez l'état conscient correspondant. L'idée et son mouvement sont des parties et des parcelles du même phénomène. Le processus du cerveau, correspondant à l'idée, consiste dans l'innervation du mouvement.

Quelque suggestives que soient ces généralisations, elles n'expriment cependant pas toute la vérité en ce qui concerne les rapports entre la conscience et le mouvement ; cependant, en vertu des faits que nous venons de mentionner, ces généralisations ont été considérées comme donnant la véritable relations qui existe entre le mouvement et la conscience, d'où l'on a déduit que l'idée d'un mouvement tend à produire ce mouvement, et qu'inversement un mouvement conscient résulte de l'idée de ce mouvement.

Quel est le défaut de cette théorie ? C'est que les mouvements ne sont pas exclusivement associés à l'idée de mouvement, à preuve les expériences sur les mouvements involontaires ; il y a des expériences qui démontrent l'expression involontaire des idées qui ne sont pas des idées de mouvements corporels.

On peut enregistrer des mouvements faibles et légers du bras, en l'appuyant sur un instrument de la planchette type arrangée de façon à se mouvoir sans friction[1].

Jastrow[2] a constaté des mouvements involontaires vers un objet regardé, ou auquel le sujet pensait : Tucker[3] n'a observé cette tendance que lorsque cet objet intéressait spécialement le sujet, ou lorsque l'objet était en mouvement. Les deux auteurs ont remarqué que si l'objet était porté autour de la chambre, le bras du sujet le suivait, en décrivant une ellipse. Si le sujet fermait les yeux et qu'il pensât seulement

1. Voir plus loin, p. 300.
2. Jastrow. *American Journ. of Psychol.*, 1892, IV, 398.
3. Tucker. *Ibid.*, 1896-7, VIII, 394.

à l'objet en mouvement, le bras le suivait quand même.

Le mouvement inconscient du bras, et probablement du corps, vers un objet auquel on pense avec persistance est la base de la « lecture musculaire » qui au premier abord semble être une transmission de la pensée. Richet[1] a trouvé que beaucoup et peut-être la plupart des personnes faisaient suffisamment de mouvements, lorsqu'il leur tenait la main, pour le guider vers un objet que ces personnes avaient caché et auquel elles pensaient avec persistance.

« C'est ce qui a lieu, surtout si l'on presse fortement la main de l'individu qui a caché l'objet. Il se fait alors dans sa main de petites oscillations, des frémissements involontaires qui trahissent sa pensée et mettent sur la voie à poursuivre avec une précision qu'on ne soupçonnera jamais, tant qu'on n'aura pas fait cette petite expérience. »

Les personnes d'un tempérament nerveux sont les meilleures conductrices, ainsi que l'a remarqué Varigny[2].

Gley[3] a obtenu l'enregistrement de ces mouvements involontaires, au moyen d'un tambour placé dans la main conductrice. Quoique très faibles, ces mouvements augmentaient par un intérêt émotionnel pour l'objet auquel on pensait, et lorsque cet objet était atteint, les mouvements cessaient tout à coup. Certaines personnes n'étaient pas entièrement incon-

1. *Comptes rendus de la Soc. de biol.*, 1884, p. 365.
2. *Comptes rendus de la Soc. de biol.*, 1884, p. 381.
3. *Ibid.*, p. 450.

scientes de ces mouvements, mais elles n'étaient pas en état de les empêcher.

Il y a beaucoup d'autres cas, dans lesquels le mouvement résulte de toute autre idée que l'idée du mouvement. Par exemple, un mouvement de la main vers un point donné de la peau n'est pas déterminé simplement par la pensée de ce mouvement, mais beaucoup plus par une démangeaison réelle ou imaginaire sur ce point. On se détermine à quitter son lit, non seulement en fixant son attention sur les mouvements nécessaires à ce résultat, mais en pensant à quelque chose d'important que l'on doit voir ou faire en se levant. Dans certains cas, plus nous accordons d'attention à un mouvement, moins il est énergique et exact. Nous avons vu dans un chapitre précédent[1] que l'attention accordée à un mouvement pouvait l'affaiblir et l'arrêter.

Les mouvements de l'expression faciale ou de la gesticulation ne sont pas excités par la pensée de ces mouvements, mais par les idées, les émotions ou les sensations dont ces mouvements sont l'expression ; ce qui est démontré par le fait que ces mouvements sont souvent inconscients. Ces mouvements en vue de la parole ne sont pas excités seulement par la représentation kinesthétique des mots, mais aussi par la perception auditive ou visuelle des mots, ou par une sensation quelconque des objets correspondants. L'émission du mot peut résulter de la sensation d'un autre mot, comme une citation, qui une fois commencée, est continuée automatiquement. Les mouvements en

1. Voir plus haut, p. 103.

vue d'écrire ne sont pas évoqués, du moins pas toujours, et je ne crois pas ordinairement, par la conscience prémonitoire du toucher des doigts en écrivant, mais par les idées auditives, visuelles ou articulatoires des mots.

Une objection que l'on pourrait faire, c'est que ces autres idées peuvent donner naissance à des mouvements, par l'intermédiaire des idées de mouvement. L'idée de mouvement serait alors l'idée immédiatement antécédente du mouvement, et l'autre idée agirait indirectement, par association. Ces idées intermédiaires du mouvement peuvent-elles être découvertes introspectivement ? C'est là la question d'intérêt psychologique, et les réponses sont différentes : certains expérimentateurs ont déclaré avoir trouvé ces idées intermédiaires et d'autres non. Il est très possible que les individus diffèrent là-dessus ; mais il semblerait qu'il serait opportun de dire que « l'état mental étudié n'est pas nécessairement conscient de lui-même, comme le psychologue en est conscient[1] ». Le fait que, en accordant de l'attention à un mouvement et en l'exécutant délibérément, on peut avoir une conscience motrice prémonitoire de ce mouvement, ce fait, dis-je, ne prouve pas que cette conscience motrice est présente dans l'expression prompte et instinctive d'une idée. Au contraire, le fait que beaucoup de personnes sont incapables de découvrir l'idée intermédiaire de mouvement, est une preuve évidente que les mouvements peuvent être l'expression directe d'autres idées.

1. James. *Principles of Psychology*, I, 197.

On peut interpréter cette question physiologiquement. Le parcours nerveux d'une stimulation donnée, sensationnelle ou émotionnelle, vers l'origine des nerfs moteurs, n'a pas besoin de passer à travers la portion du cortex, qui a affaire avec les représentations des sensations du mouvement : il peut arriver directement au cortex moteur. Il est vrai que BASTIAN[1] et beaucoup d'autres auteurs considèrent le cortex moteur comme le centre essentiel du sens musculaire et de la représentation kinesthétique. Ils pensent que l'activité de l'aire du bras donne naissance, en même temps que la stimulation des nerfs moteurs, à la sensation prémonitoire du mouvement du bras. Cette opinion n'est pas prouvée. D'après les données actuelles de la science, il semble plutôt que les aires kinesthétiques quoique près des aires motrices, ne coïncident pas exactement avec elles.

Quoi qu'il en soit, la physiologie du cortex prouve qu'il y a certains cas où le mouvement est créé par des impressions sensorielles conscientes, sans l'intervention d'une aire kinesthétique. Les mouvements conjugués des yeux peuvent être obtenus de trois aires distinctes : la motrice, la visuelle et l'auditive. Et les aires visuelles et auditives n'agissent pas à l'aide de l'aire motrice (et peut-être kinesthétique). On peut obtenir les mouvements des yeux de l'une de ces trois aires, après que les deux autres ont été extirpées[2]. Chaque aire est apparemment en commu-

1. Voir les œuvres de BASTIAN, *passim*, et spécialement *Brain*, 1887, X, 1.

2. SCHÄFER. *Internat. Monthly Journal of Anat. and*

nication directe, à l'aide de fibres descendantes, avec les corpora quadragemina antérieurs, dont les fibres sont rattachées aux nerfs moteurs de l'œil.

Les mouvements des yeux obtenus en stimulant l'aire auditive sont accompagnés de mouvements tournants de la tête et de picotements dans les oreilles. Ils représentent la réaction normale à un son venant d'une certaine direction, réaction qui est donc obtenue directement par le son, sans l'intervention de l'image kinesthétique.

Les mouvements des yeux obtenus en stimulant l'aire visuelle représentent la réaction normale à la lumière venant d'une certaine direction. La lumière qui vient de gauche, ou en d'autres mots, un objet brillant placé du côté gauche du champ visuel, stimule le côté droit des rétines, qui sont en communication avec le cortex occipital droit. En stimulant ce cortex, on produit des mouvements conjugués des yeux vers la gauche. Cela représente la réaction normale des yeux, par laquelle ils se tournent vers la source de lumière, et en transportent l'image des périphéries de la rétine vers le centre, le point de la vision claire. Bref, le mouvement des yeux vers un objet brillant ou en mouvement, vu en vision indirecte, est une réaction au travers du cortex visuel et n'entraîne l'action d'aucune aire kinesthétique. Selon toute probabilité, le mouvement des yeux qui résulte, lorsqu'on *pense* à un objet que l'on peut voir, agit aussi à travers le cortex visuel, et non pas à travers quelque centre

Physiol., 1888, V, 149 ; et aussi *Textbook of Physiology*, 1900, II, 749.

kinesthétique. Nous pouvons donc nous appuyer autant sur la psychologie que sur la physiologie pour affirmer que les mouvements résultent parfois directement d'idées autres que les idées des mouvements.

J'irais encore plus loin : je dirais que l'on ne peut admettre que d'une façon vague et générale, que l'idée de mouvement donne naissance au mouvement. L'idée de mouvement, considérée comme un tout, peut donner naissance au mouvement considéré comme un tout, mais les parties constituantes du mouvement ne naissent pas des idées de ces parties. Admettons qu'il y a une sensation vague et prémonitoire du mouvement ; elle ne représente certainement pas le mouvement d'une façon équivalente, pas plus que les sensations qui en résultent ; nous nous sommes déjà expliqué là-dessus dans un chapitre précédent [1].

L'idée de mouvement — au sens que lui donnent ceux qui disent qu'un mouvement conscient résulte de sa représentation mentale — consisterait en *sensations* reproduites du mouvement. Si l'idée d'un mouvement donne naissance à ce mouvement, il semblerait que la sensation qui résulte d'un mouvement devrait donner aussi naissance à ce mouvement : ce qui est impossible. L'effet immédiat d'une sensation d'une partie du corps en mouvement peut être de modifier le mouvement, en le prolongeant ou en le modérant, en en augmentant ou en en diminuant la force, en lui substituant une autre mouvement, mais ne répète pas les mêmes phases élémentaires du mouvement qui ont donné naissance à la sensation. La

1. Voir plus haut, pp. 45, 46.

sensation d'une marche montée avec le pied droit ne peut avoir comme conséquence immédiate de faire monter une autre marche avec le pied droit, quoiqu'elle puisse faire monter une marche avec le pied gauche. Il est impossible qu'une association directe et immédiate naisse entre la sensation d'un mouvement comme antécédent, et l'exécution de ce mouvement comme conséquence. Il peut y avoir une associaton parfaite entre la sensation d'un mouvement quelconque et l'exécution d'un autre, association qui, de fait, sont très communes. La sensation d'une marche appelle l'exécution de la marche suivante ; la sensation d'un mot écrit ou parlé, appellera un mot suivant : la sensation de la première partie du mouvement éveille la dernière partie, et si l'anesthésie empêche la sensation de la première partie, la dernière pourra manquer.

L'association entre la sensation d'un mouvement, comme antécédent, et l'exécution de ce mouvement comme conséquence, ne peut qu'être indirecte. Il serait donc beaucoup plus raisonnable de parler d'un enchaînement intermédiaire entre l'idée de mouvement et l'exécution de ce mouvement qu'entre d'autres idées et les mouvements qui semblent en résulter directement. Dans le processus d'association, par lequel les mouvements dépendent des idées de ce mouvement, il doit y avoir des chaînons intermédiaires. Avant que la sensation ou l'idée d'un mouvement ait pu naître, ce mouvement a dû déjà être obtenu par certaines stimulations autres que la sensation ou l'idée du mouvement. Ce quelque chose d'autre sert probablement d'anneau, qui unit entre eux la représentation du mouvement et le mouvement lui-même.

Le rapport étroit qui existe entre un état mental assez complexe et des mouvements déterminés, a été mis à jour par les travaux de Münsterberg et Campbell sur « la force motrice des idées[1] ». C'est à eux qu'on doit même cette expression si heureuse. Ils ont trouvé que si certaines personnes, après avoir regardé un objet pendant quelques instants, ferment les yeux et détournent la tête, elles ne détournent pas les yeux aussi loin que la tête : les yeux semblent rivés plus ou moins à l'objet. L'angle de rotation des yeux dans leur orbite a été pris comme mesure de la force attractive de l'objet ou, en d'autres mots, comme une mesure de la force motrice de l'idée, suggérée par l'objet. On a trouvé que les objets compliqués retenaient davantage les yeux que les objets simples qui peuvent être facilement compris, et que lorsque l'objet avait été vu assez longtemps, les yeux n'étaient plus, ou presque plus retenus. Il est évident que ce n'était pas une plus grande sensation qui stimulait les muscles oculaires ; c'était l'idée d'un objet compris imparfaitement, un état mental relativement complexe. Interpoler une idée kinesthétique des mouvements des yeux entre cet état mental et le mouvement réel, et supposer que le moins parfaitement compris a produit une idée kinesthétique plus puissante, ce serait là certes une fausse explication de ces résultats.

Résumons donc ce chapitre. Les sensations, les idées et tous les états conscients ont deux sortes d'effet moteur ; leur action est de stimuler, tout comme elle peut être de déprimer le système moteur tout entier,

1. *Psychological Review*, 1894, I, 441.

volontaire et involontaire. Et en outre, chaque sensation, chaque idée ou chaque émotion a un effort moteur spécifique. L'idée de mouvement n'est pas plus intimement la cause du mouvement que ne le sont d'autres idées ; en réalité, certaines idées, comme les visuelles, peuvent s'associer directement avec les mouvements qui en résultent, tandis que l'association d'une idée de mouvement avec le mouvement qui est la conséquence, doit avoir d'abord été indirecte.

CHAPITRE XII

AUTOMATISME MOTEUR

Les phénomènes des planchettes qui écrivent ou des tables tournantes ont si longtemps été des objets de curiosité et sont si connus actuellement qu'il serait superflu de les décrire. Il serait difficile d'ailleurs d'en faire une description scientifique, au point de vue moteur. Le caractère principal de ces mouvements, c'est qu'ils sont banals, et consistent en mouvements communs ou instinctifs, faits sans qu'on y prête beaucoup d'attention.

Les deux particularités de ces mouvements qui ont excité la curiosité sont : ils semblent continuer d'eux-mêmes, sans contrôle conscient, et ils donnent cependant des signes d'une direction intelligente. Les tables semblaient se soulever d'elles-mêmes, jusqu'à ce que Faraday[1] ait prouvé, par des expériences physiques, qu'elles étaient mues par les mains qui s'y appuyaient. Ensuite, il a semblé que les mains se mouvaient d'elles-mêmes. Sans doute, les mains sont mues par le système nerveux, mais alors le système nerveux paraît agir de lui-même. Ou plutôt, une partie du

1. Voir ses *Experimental Researches in Physics and Chemistry*. London, 1859, p. 382.

système nerveux semble agir indépendamment, puisque le mouvement est indépendant de la conscience.

Quoique nous appelions ces mouvements « automatiques », nous n'abandonnons pas notre conclusion précédente que l'activité automatique d'une part du système nerveux est une rareté, ou plutôt une non-entité[1]. Il n'y a rien dans ces mouvements qui nous fasse changer d'avis. Ils sont influencés par des sensations et des processus associés, de la même façon que les mouvements conscients. Ils prouvent que des mouvements semblables aux mouvements volontaires peuvent avoir lieu sans la volition, l'attention ou la conscience de la personne dont la main les exécute.

Les signes d'intelligence sont faibles dans ces mouvements ; le processus associé doit être très simple ; il y a cependant des exceptions. Les mains des sujets susceptibles peuvent tracer des dessins ou des cartes[2]; elles peuvent donner des réponses exactes à des problèmes arithmétiques et écrire dans une langue étrangère connue, mais qui ne leur serait pas familière. Ici le processus d'association est complexe, et il peut être cependant très exact. Des associations inaccessibles à l'effort volontaire peuvent être traversées par un processus automatique, qui permet à la main de faire allusion à des expériences passées ou de transcrire des phrases, familières jadis, mais qui ont entièrement échappé à la mémoire consciente.

1. Voir plus haut, p. 229 et suiv.
2. Barkworth. *Proceeding Soc. Psychical Res.*, 1891, VII, 23.

Quelque chose de plus. La main du sujet choisi donne des signes de connaissance, qu'il est difficile d'attribuer à une expérience passée du sujet. Dans l'interprétation populaire, il est guidé par la pensée d'une autre personne, ou par un esprit, ou par le diable. Sur ce terrain, les expériences sont dévolues aux membres des sociétés pour les recherches psychiques[1] et ne peuvent guère entrer dans le cadre modeste d'un livre sur le mouvement.

Quoique les phénomènes d'écriture automatique ne soient point communs, ils ne sont cependant pas tout à fait pathologiques, et l'on en peut constater chez des personnes qui jouissent d'une santé parfaite et de tout l'exercice de leurs facultés mentales. L'automatisme est plus prononcé dans l'hystérie, où il est associé à un affaiblissement de l'intellect, surtout de l'attention, et avec des symptômes physiques de maladie. Le somnambulisme et la catalepsie hypnotique offrent des exemples analogues. Les descriptions les plus intéressantes psychologiquement sont celles de Binet et Féré[2] et celles de Pierre Janet[3].

Si le bras anesthésié d'un patient hystérique est placé hors de sa vue par un écran et qu'il soit soulevé et placé dans une position donnée, il garde souvent cette position. Ce bras est dans une condition cataleptique qui n'atteint pas le reste du corps. Le sujet est inconscient de la rigidité de son bras, qui

1. Voir Myers. *Proc. Soc. Psychical Res.*, 1889, V, 526-535 ; 1893, IX, 26-128, etc.

2. *Archives de physiol.*, 1887, X, 320.

3. *L'automatisme psychologique.* Paris, 1889. Voir surtout p. 223 et suiv.

ne ressent pas la fatigue, quoiqu'il puisse rester étendu horizontalement pendant une heure. Si au lieu d'imprimer au bras anesthésié une position rigide, l'opérateur lui en imprime un mouvement de va-et-vient, le patient le répétera continuellement et inconsciemment. Ce mouvement rythmique peut être compliqué comme l'écriture d'une lettre qui serait aussi à recommencer sans cesse.

L'anesthésie du bras n'étant que *psychique,* ses mouvements automatiques sont gouvernés par ses relations avec les objets externes. Une paire de ciseaux, placés dans la main anesthésiée, peut être saisie comme d'habitude, et être ouverte et fermée, sans conscience de la part du sujet.

Quoique l'anesthésie soit une condition nécessaire pour les formes les plus prononcées de l'automatisme, on peut cependant produire quelques effets momentanés, par simple distraction. Le sujet étant engagé dans une conversation des plus vives, M. Janet se plaça derrière lui, et lui parlant à voix basse, lui ordonna de faire avec les mains certains mouvements, qui furent immédiatement exécutés, sans sa connaissance. Au lieu d'ordonner les mouvements directement, on peut suggérer une hallucination, comme celle d'un serpent qui se trouverait devant le sujet, qui recule aussitôt, tout en continuant à causer gaiement.

La suggestion posthypnotique offre d'autres exemples d'automatisme. Dans certains cas, l'acte suggéré est exécuté consciemment, le stimulant qui fait agir restant seul inconnu. Dans d'autres cas, la suggestion est exécutée sans conscience du sujet éveillé. Janet

a obtenu de cette façon des écrits automatiques, suffisamment développés pour constituer un petit billet, et de même des calculs automatiques d'un type simple.

Janet distingue ces formes de réactions automatiques, comme « automatismes partiaux » des conditions dans lesquelles l'automatisme est complet, comme le somnambulisme ou la catalepsie. Dans l'automatisme complet, la conscience normale manque totalement. Une hallucination ou une idée suggérée, ou une sensation subconsciente peut se charger de l'appareil moteur du corps. La volition, au sens propre du mot, et spécialement la critique consciente, l'inhibition et la proportion de l'expression motrice manquent.

En dehors des actions connues des sujets hypnotisés, les actes d'automatisme total appartiennent à des phénomènes d'ordre strictement pathologique, comme l'épilepsie, l'hystérie, la neurasthénie, l'alcoolisme. Les récits de « fugues » ou « d'automatisme ambulatoire » rendent les histoires plus attrayantes.

Certains automatismes de cette dernière catégorie ne durent que peu d'instants. Ils consistent en de brèves « absences », pendant lesquelles le patient se met brusquement à marcher, ou à vider ses poches, ou à faire toute action incompatible avec les circonstances du moment. Tout d'un coup « il revient à lui-même » ordinairement inconscient de ce qu'il a

1. Mc Carthy. *Journ. of Nerv. and Ment. Dis.* New-York, 1900, XXVII, 143.

fait[1]. Il y a d'autres cas dans lesquels le patient erre pendant des jours et des semaines; il revient à lui-même en quelque endroit qui lui est étranger, ignorant la route qu'il a suivie et tout ce qu'il a fait depuis le début de sa fugue[2].

Le degré d'automatisme ou d'inconscience varie beaucoup ; il est plus intense chez les épileptiques, qui peuvent se mettre à marcher avec une vitesse remarquable, et continuer ainsi pendant plusieurs jours sans rémission et avec peu de conscience de leurs actions, qui cependant sont suffisamment normales pour préserver le patient d'un internement[2]. Dans ces cas, il n'y a aucun signe d'un motif conscient qui pousse à l'activité motrice.

Dans les fugues des hystériques il y a un motif, quelque insuffisant et même ridicule que ce soit. Comme dans toutes les manifestations d'hystérie, le champ de conscience est très étroit : l'hystérique est sous l'empire d'une seule idée ou d'une seule terreur. Son attitude peut cependant sembler normale aux étrangers qu'il rencontre dans ses pérégrinations. Lorsqu'il arrive loin de chez lui, il est ordinairement incapable de se rappeler les événements qui se sont succédé. Dans d'autres cas l'amnésie n'est pas complète ; certains événements reviennent çà et là en mémoire[3]. Dans d'autres cas encore, les expériences oubliées peuvent être rappelées par hypnotisme, et parfois on peut les rappeler dans la

1. Tissié. *Les aliénés voyageurs*. Thèse de Bordeaux, 1887.
2. Cabadé. *Archives clin. de Bordeaux*, 1895, IV, 145.
3. Régis. *Journal de méd. de Bordeaux*, 1893, XXIII, 297.

condition normale, comme résultat d'un enchaînement associé, qui unit cette condition-là avec la conscience présente pendant la fugue [1].

Dans les cas de neurasthénie, l'amnésie peut manquer totalement, mais l'impulsion de partir et d'errer est irrésistible, incompréhensible et sans aucun rapport avec les intérêts ordinaires du patient [2].

Il y a certains cas de fugue qu'il est difficile de classifier comme épileptiques, hystériques ou neurasthéniques, les symptômes confirmatoires manquant. Par exemple, le cas d'Ansel Bourne, l'un des mieux étudiés au point de vue psychologique [3].

Dans ces cas, ainsi que dans ceux que Janet a étudiés [4], l'automatisme peut ne pas sembler inconscient, au sens strict du mot. Il peut être l'expression de l'émotion ou d'une opération intellectuelle. La même remarque s'applique à l'écriture automatique des « médiums » ordinaires. L'automatisme consiste en l'absence de rapport des mouvements avec ce que nous appelons le plus grand flot de conscience, qui peut être simplement le courant le plus impétueux et le plus continu. Parfois le plus grand flot disparaît pendant l'automatisme, parfois il n'y a aucun point de

1. Raymond. *Gazette des hôp.*, 1895, LXVIII, 755, 787.

2. Géhin. *Contribution à l'étude de l'automatisme ambulatoire du vagabondage.* Thèse de Bordeaux, 1894. Analysée dans les *Archives de neurol.*, 1894, XXVIII, 426. — Voir un autre cas chez Bregman. *Neurol. Centralblatt*, 1899, XVI, 776.

3. Voir James. *Principles of Psychology.* New-York, 1890, I, 391 et Hodgson. *Proc. Soc. Psych. Res.*, 1891, VII, 221.

4. Cf. *L'automatisme psychologique.* Paris, 1889, p. 3.

contact conscient entre les deux, et parfois l'automatisme est senti, mais non pas voulu par le courant principal.

Les phénomènes d'automatisme moteur, poussés aussi loin, sont tout à fait étrangers aux conditions mentales normales. On a imaginé différents appareils pour voir si certaines traces de ces mouvements pouvaient être découvertes chez les personnes normales. Ce sont ordinairement des planchettes, modifiées de façon à se mouvoir par un très léger frottement et à enregistrer les contractions musculaires faibles. Jastrow [1] remplace la planche sur laquelle repose la main, par une plaque épaisse en verre, appuyée sur des billes d'acier, qui roulent sur une seconde plaque en verre. L'enregistrement est fait au moyen d'un crayon attaché au rebord de la plaque en mouvement et écrivant sur un papier placé au-dessous. Cattell a modifié cet appareil, de façon à enregistrer séparément sur un tambour en mouvement les trois componentes perpendiculaires de la motion du bras. Delabarre a une forme encore plus simple, une planchette pendule. La planche qui supporte le bras et la main est suspendue au plafond à l'aide d'une corde, et elle suit les mouvements du bras sans frottement. L'enregistrement est fait soit par un crayon tenu à la main (et dirigé en bas vers une table), soit par un crayon attaché à la planche. Sommer [2] a

1. *American Journ. of Psychol.*, 1892, IV, 398.

2. *Interm. des Biol.*, 1898, I, 176 ; *Zeitsch. f. Psychol.*, 1898, XVI, 275 ; *Lehrbuch der psychopathologischen Untersuchungsmethoden*, 1899.

imaginé un appareil, combiné non plus d'après la planchette, mais d'après le levier. Il enregistre en trois plans les mouvements involontaires du bras ou de la jambe.

Solomons et Stein[1] ont recherché s'il était possible de développer des mouvements automatiques caractérisés, chez les sujets normaux. Ils ont essayé de développer en eux-mêmes les éléments séparés ou les traits de la « double conscience », sans les combiner, pour former une personnalité secondaire complète.

Ils ont reconnu que l'automatisme, entièrement développé, et qu'ils ont réussi à développer chez eux à un degré très élevé, se composait de quatre éléments :

« 1° Une tendance générale à se mouvoir sans impulsion motrice consciente ;

2° La tendance d'une idée qu'on a en tête, de se mettre en mouvement involontairement et subconsciemment ;

3° La tendance du courant sensoriel de franchir une réaction motrice subconsciente ;

4° L'exercice inconscient de la mémoire et de l'invention. »

Ils suspendaient dans une planchette à pendule la main dans laquelle ils voulaient développer des mouvements d'écriture automatique. L'attention était distraite par la lecture d'une histoire intéressante. Au commencement, le bras n'exécutait aucun mouvement réellement automatique ; mais si les mouve-

1. *Psychol. Review*, 1896, III, 492.

ments étaient commencés volontairement, ils tendaient à continuer d'eux-mêmes. Si une certaine forme du mouvement était répétée volontairement plusieurs fois, elle pouvait continuer parfois, même si l'attention était distraite. Pour commencer le mouvement, la stimulation pouvait être sensorielle, comme la perception d'un malaise. Il existe probablement chez les sujets normaux une tendance à faire des mouvements faibles, en réponse à une sensation faible ; mais si l'attention n'est pas absorbée d'un autre côté, ces mouvements sont, ou bien prohibés, ou bien chargés de conscience. « Rien n'est plus difficile que de laisser se continuer de lui-même un mouvement dont nous sommes conscients. »

Dans ces expériences, la main écrivait souvent des mots qu'on lisait au sujet ; cet acte n'était pas intentionné, le sujet n'en étant conscient qu'après qu'il l'avait exécuté.

On essayait alors une forme bien plus développée d'automatisme. Pendant que le sujet était absorbé par son histoire, une autre personne lui lisait des passages peu intéressants d'un autre livre, passages que sa main devait écrire avec le moins d'attention possible. Au début, ces essais étaient accompagnés d'une perception d'effort bien distincte, qui cessait par la pratique. C'était la première phase du développement de l'automatisme. Une autre phase était caractérisée par la cessation de l'impulsion motrice consciente à écrire ; quoique ces mouvements fussent perçus et peut-être vus, ils n'étaient pas perçus de la même façon que les autres mouvements ; ils semblaient prendre naissance *extra personam* et

n'étaient connus qu'après avoir été faits, pas avant. Le développement complet de l'écriture automatique sous la dictée n'avait lieu que par intervalles, lorsque l'histoire lue par le sujet pour se distraire était particulièrement intéressante, alors la main transcrivait les mots qui lui étaient lus, avec si peu de conscience qu'il ne gardait pas le souvenir de l'acte accompli.

Dans d'autres séries de mouvements, la main était contrôlée par une invention inconsciente ou subconsciente. Elle écrivait des sentences correctes grammaticalement et possédant un semblant de signification ; mais elles ne démontraient pas un degré élevé d'imagination ou d'intellectualité ; elles étaient ennuyeuses, fades et remplies de répétitions. On a trouvé qu'il était possible de guider par les yeux la main qui écrivait, d'une façon suffisante pour que l'écriture fût lisible, sans faire de mouvements volontaires ou sans invention consciente.

Nous concluons de ces expériences qu'un degré très élevé d'automatisme peut coexister avec une santé et une mentalité normales, et que le développement en est effectué en habituant les mouvements et en concentrant l'attention sur toute autre chose que le processus moteur.

Dans le désir de donner une base statistique à ces conclusions, ou en d'autres mots, de trouver si la *majorité* des personnes normales étaient capables d'automatisme, Miss Stein[1] a fait des expériences sur 91 jeunes gens et jeunes filles, élèves de lycées et de l'Université, et elle a trouvé que toutes ces personnes,

1. *Psychol. Review*, 1898, V, 295.

moins 9, peuvent assez rapidement apprendre une forme quelconque d'écriture automatique. Le développement en était facilité par la répétition et le rythme du mouvement.

Certaines personnes apprenaient plus facilement que d'autres. Miss Stein a divisé ses sujets en deux classes : un premier type est la personne au tempérament intense, dont l'automatisme augmente si elle est absorbée de plus en plus à quelque chose d'autre, et s'arrête, lorsque cette absorption cesse. Il persiste dans une seule forme du mouvement et ne peut être changé, si l'opérateur essaie de guider le sujet sur la planchette. Le second type est phlegmatique, à la pensée plutôt diffuse ; il n'avait pas de tendance à persister dans une forme de mouvement ; s'il était absorbé dans quelque chose d'autre, les mouvements automatiques diminuaient ; il pouvait regarder sa main, sans exercer sur elle un contrôle volontaire.

Une autre étude statistique a été faite par Binet [1], comme une partie d'une enquête générale sur la suggestibilité des enfants des écoles. Il a pensé à déterminer jusqu'à quel point différents enfants seraient portés à exécuter des mouvements involontaires d'un caractère simple. Il a employé comme instrument un levier léger en forme de balance ; le bras de l'enfant était placé sur un bras de la balance, tandis que la main de l'opérateur imprimait des mou-

1. *La suggestibilité*. Paris, 1900, p. 360-384. Voir aussi *Mind*, 1890, XV, 46, où Binet devance certains résultats de Solomons et de Stein.

vements à l'autre. Le coude de l'enfant reposait sur la table ; on lui disait de laisser son bras rester tout passif, en le laissant en mouvement si le levier lui en imprimait un, mais sans le mouvoir lui-même. Son attention était dirigée sur un métronome qui battait les secondes ; on lui disait de compter les coups et on lui laissait comprendre que le but de l'expérience était de voir s'il en tenait compte exactement. Pendant que l'enfant comptait, sa main était mise en mouvement rythmé par l'opérateur, au moyen du levier. Environ après dix mouvements, l'opérateur lâchait le levier ; il s'agissait de savoir si l'enfant allait continuer les mouvements, ou s'il allait s'arrêter. Il y en avaient qui s'arrêtaient, mais la majorité continuaient ; parmi ces derniers, quelques-uns s'arrêtaient d'eux-mêmes un peu plus tard ; d'autres, à qui l'on avait demandé après l'expérience, si leur bras avait réellement été passif, n'exécutaient plus de mouvements automatiques dans les expériences suivantes ; d'autres enfin les exécutaient encore. Les enfants les plus jeunes étaient les plus aptes pour l'automatisme. Binet a refait sur les mêmes enfants l'expérience d'une forme simple d'écriture automatique, et a trouvé que le même enfant montrait dans les deux épreuves le même degré d'automatisme.

Ces mouvements n'étaient pas inconscients ; leur caractère actif était seul inconscient, et l'enfant les croyait passifs, quoiqu'ils fussent actifs. Les résultats ont prouvé qu'avec un peu d'exercice, on arrive à développer chez beaucoup d'enfants l'automatisme simple.

Voyons maintenant si l'automatisme simple ne peut pas naître spontanément. Nous savons qu'une

action familière peut être exécutée, pendant que nos pensées sont ailleurs ; si cette action est accompagnée d'une certaine conscience, celle-ci est distincte du courant principal. Beaucoup de personnes ont des tics de la main ou de la bouche, dont elles n'ont pas connaissance. Dans cette même série d'idées, nous pensons aux mouvements involontaires qui accompagnent l'émotion et l'effort mental ; mais ces *mouvements expressifs* diffèrent totalement des *mouvements automatiques*. Il est vrai que les deux sont involontaires, mais leurs rapports avec la conscience sont très différents ; d'un côté il y a l'expression motrice des pensées et des émotions qui occupe le domaine de la conscience ; de l'autre côté il y a une désunion d'avec la conscience. Les mouvements expressifs peuvent être accomplis inconsciemment, mais la cause en est consciente ; les mouvements automatiques résultent de processus inconscients du cerveau, ou conscients séparément.

En faisant une étude sur les mouvements involontaires des enfants et des adultes, Lindley[1] a trouvé chez beaucoup d'individus, deux classes de mouvements pareils : les uns, accompagnés d'effort mental, consistaient en contractions musculaires forcées et toniques ; les autres, ayant lieu lorsque les pensées erraient au loin, consistaient en mouvements rythmés ; la première catégorie était expressive, la seconde automatique.

Tous les mouvements que nous avons décrits sous le nom de « force motrice des idées » appartiennent

1. *American Journ. of Psychol.*, 1895, VII, 491.

à la première catégorie, comme les mouvements d'expression faciale et gesticulatoire ; le susurrement involontaire pendant la réflexion, les mouvements des mains et du corps vers un objet auquel on pensait, etc. A la catégorie des mouvements automatiques appartiennent tous ceux que nous avons décrits dans le présent chapitre. C'est ici que nous pouvons rapporter aussi les mouvements instinctifs, comme ceux de la respiration ou de la marche, lorsque nous n'en sommes pas conscients.

A en juger de ces derniers cas, il est probable que la séparation entre l'accomplissement simultané des différents actes est un caractère fondamental du système nerveux. Lorsque deux courants nerveux ne se rencontrent pas, les deux peuvent agir à la fois, sans que les courants nerveux s'infiltrent l'un dans l'autre.

L'attention est ordinairement concentrée sur un seul processus cérébral ; ce qui veut dire qu'une conscience nette accompagne l'activité d'un seul courant. L'activité simultanée des autres courants est à peine consciente. Pour parler plus exactement, tout ce que nous savons, c'est que l'activité des autres courants ne contribue pas à former le courant principal de la conscience, la conscience personnelle. Les mouvements automatiques les plus développés semblent être le résultat d'opérations intellectuelles ou d'émotions. Ils sont apparemment l'expression d'une conscience, mais cette conscience-là n'est pas réunie au courant personnel de la pensée. L'automatisme le plus simple et le plus habituel est probablement accompagné d'une forme de conscience séparée, très faible et rudimentaire.

CHAPITRE XIII

MOUVEMENT VOLONTAIRE

La relation entre le mouvement et la volonté n'a pas jusqu'à présent donné lieu à autant d'expériences que le comporte son importance. A première vue, il semblerait qu'il n'y a point de données pour l'étude de ce sujet ; on peut cependant glaner quelques connaissances çà et là, et dans les chapitres précédents nous avons déjà rencontré certains faits s'y rattachant, et que nous résumerons.

I. Les limites du controle volontaire

En quelle mesure nos mouvements sont-ils volontaires, et en quelle mesure sont-ils involontaires ? Nous avons déjà dit qu'aucun mouvement, considéré comme un tout, n'est exclusivement volontaire, et que certains détails en sont certainement exécutés d'une façon mécanique.

La coordination des mouvements est involontaire. Nous avons vu que dans beaucoup de cas simples, la coordination est l'œuvre de la moelle épinière, et dans beaucoup de cas complexes, celle de la moelle prolongée, du pons, des corpora quadragemina et du

cervelet. Un animal privé de ses hémisphères cérébraux peut exécuter tous les mouvements fondamentaux. La coordination n'est pas affaire d'intelligence, mais d'instinct ; les voies nerveuses par qui elle s'accomplit ne sont pas déterminées par une expérience individuelle.

On dit communément que la nature prend soin de nos fonctions vitales ; nous n'avons pas besoin de vouloir l'action de notre cœur et de notre estomac. On peut étendre la même observation à la coordination des mouvements volontaires. Nous n'avons à vouloir le mouvement que comme un tout ; la nature prend soin des détails.

L'habitude, ainsi que l'instinct, gouverne beaucoup des détails du mouvement. Tous deux déterminent la forme que prendra le mouvement. On peut appeler l'habitude une coordination acquise. Elle dépend de l'expérience individuelle. Ses connexions nerveuses sont localisées dans les hémisphères cérébraux, exclusivement peut-être. Cependant un mouvement habituel n'est pas toujours accompagné de conscience dans ses détails. Les connexions nerveuses sont devenues si parfaites qu'on n'a plus besoin d'accorder de l'attention à la forme du mouvement. Une longue série de mouvements habituels peut continuer *automatiquement,* tandis que l'attention de la personne qui les accomplit est ailleurs. Et même lorsque le mouvement habituel est volontaire comme un tout, ses parties se combinent et se suivent sans l'effort des volontés.

En tant que la forme du mouvement est donc réglée par des coordinations instinctives ou habituelles cette forme devient involontaire.

Dans la production du mouvement, le facteur volontaire est la *détermination du résultat que l'on veut obtenir* ; les moyens d'y arriver sont ordinairement instinctifs ou habituels — en un mot involontaires. Je veux que ma plume écrive, comment ce résultat sera-t-il réalisé, je ne le sais ni ne m'en préoccupe : mon attention est fixée uniquement sur le résultat.

Un principe général du mouvement volontaire est que l'intention se réfère au but et non pas à la forme du mouvement, au résultat et pas aux moyens. Parfois, comme lorsqu'on apprend un nouveau mouvement, il faut prêter attention à certaine partie du processus par lequel on atteint le résultat ; pour le temps, cette partie devient un mouvement volontaire complet, un résultat, mais ses subdivisions se suivent automatiquement. Il est possible de prêter attention à une phase quelconque du mouvement et d'en faire un résultat, mais il n'est jamais possible de prêter attention à tous les détails à la fois. Ce que nous désirons, c'est toujours un certain résultat ; immédiatement le mouvement approprié est exécuté automatiquement, et le résultat est assuré. Le mouvement suit la pensée, non pas la pensée du mouvement comme processus, mais la pensée du résultat.

En quels termes cette pensée du résultat est-elle présente dans la conscience ? Certains psychologues répondent que les termes sont kinesthétiques ; « ce que nous voulons immédiatement, disent-ils, c'est la réalisation de certaine idée kinesthétique. L'antécédent immédiat d'un mouvement volontaire est la reproduction de sensations kinesthétiques d'autres mouvements similaires déjà exécutés ».

Nous avons déjà repoussé cette opinion[1]. Nous avons vu que beaucoup d'individus sont incapables de trouver des images kinesthétiques qui précèdent immédiatement le mouvement ; nous avons trouvé des raisons physiologiques pour admettre que les mouvements des yeux et de la tête sont souvent directement provoqués par des sensations et par des idées visuelles et auditives, sans aucun intermédiaire kinesthétique, et nous avons conclu que les images kinesthétiques d'un mouvement ne peuvent pas être l'antécédent immédiat de ce mouvement.

Il est possible, sans doute, de désirer la perception d'un mouvement et de faire ce mouvement en conséquence ; mais c'est chose rare ; nous éprouverons rarement de l'intérêt pour la perception d'un mouvement.

Lorsque nous parlons, nous n'éprouvons aucun intérêt pour les sensations qui viennent des cordes vocales. L'idée que nous nous efforçons de réaliser est exprimée en termes auditoires, sinon en termes encore plus étrangers au mouvement réel.

Lorsque nous écrivons, l'idée conductrice peut être visuelle ou auditive. Nous pensons à l'aspect ou au son, ou simplement au sens d'une phrase, et la pensée agit aussitôt d'elle-même pour nous faire écrire.

Si nous faisons usage d'un outil, le mouvement de la main suit l'idée du mouvement de l'outil. Nous serions incapables de décrire à l'avance comment nous allons mouvoir la main, mais nous pourrions

1. Voir plus haut, p. 286 sq.

dire comment nous allons mouvoir l'outil, ou du moins la partie de l'outil qui doit travailler.

Lorsqu'un orateur est animé dans son discours, il est inconscient des gestes et des intonations qu'il fait, ou qu'il va faire ; il ne pense qu'à l'idée dont il veut convaincre, ou à l'émotion qu'il veut susciter.

L'idée qui détermine le mouvement peut donc être très écartée de l'image kinesthétique du mouvement corporel lui-même. Le caractère d'un mouvement volontaire pleinement développé, c'est que les idées ainsi éloignées de la forme motrice peuvent avoir une influence directe dans la détermination de l'innervation.

2. L'acquisition du contrôle volontaire.

Nous avons vu que lorsqu'un mouvement a été appris et qu'il se trouve complètement sous le contrôle volontaire, il suit immédiatement la pensée d'un résultat externe, et ses parties s'accomplissent involontairement. Reste à savoir comment on a acquis ce contrôle complètement volontaire.

Lorsqu'on apprend un nouveau mouvement, il faut prêter attention aux parties qui le composent ; un mouvement devient volontaire dans son entier, à mesure que ses parties deviennent involontaires.

Quels sont les derniers éléments avec lesquels l'individu commence et à l'aide desquels il développe ses mouvements volontaires ?

Il y en a qui croient que chaque individu com-

mence par les éléments physiologiques du mouvement et qu'il bâtit là-dessus tout son système de coordination. D'après cette opinion, les mouvements instinctifs consisteraient seulement en la contraction de muscles isolés, ou de parties de muscles, ou tout au plus de la combinaison fortuite de certaines de ces contractions isolées.

Rien ne vient à l'appui de cette théorie. Le nouveau-né manifeste un certain nombre de mouvements bien coordonnés. Il tette, il crie et ses mouvements respiratoires sont coordonnés dès le début. Les partisans de la théorie ci-dessus feraient certes exception en faveur de ces quelques mouvements. Les mouvements qui sont parfaits dès la naissance sont certainement hérités ; tous les autres, diront-ils, sont appris ; ils sont volontaires au début, mais deviennent ensuite tellement habituels qu'ils en sont involontaires.

Même modifiée ainsi, cette théorie n'est pas admissible. Le nouveau-né ne laisse pas voir tous les traits héréditaires de son activité musculaire ou glandulaire ; et il est inadmissible que tous les traits héréditaires de son système nerveux soient déjà développés. En réalité, il est établi histologiquement, que beaucoup de voies et de connexions se développent dans le système nerveux après la naissance, d'après des contours déterminés antérieurement ; le développement de ces voies et suivi de l'apparence de nouveaux mouvements coordonnés. Ils sont inhérents au système nerveux, d'une façon aussi innée que la fleur et le fruit sont inhérents dans la plante germinante. Ce qu'ils demandent à l'entourage et à l'expérience

de l'individu c'est la nutrition et l'influence tonique de l'exercice.

La possibilité d'une maturité post-natale des instincts une fois admise, la question se réduit d'elle-même à une affaire de spécification. Parmi les mouvements qui se développent dans un jeune animal, lesquels sont innés, et lesquels sont acquis ? Pour chaque espèce, on peut répondre à cette question, en observant le petit et en le soumettant à des expériences. Le meilleur moyen, c'est de contrôler toute la vie de l'enfant ou du petit, en écartant toute opportunité d'imitation ou d'instruction, et de voir si le mouvement en question se développe, et si oui, par quelles phases il passe.

On a trouvé de la sorte que certains mouvements des animaux, qui semblent appris avec soin, sont en réalité instinctifs. Les oiseaux n'ont pas besoin d'apprendre à voler ; car si on les enferme dans une boîte sombre et étroite, jusqu'à ce qu'ils aient atteint l'âge où d'habitude les oiseaux commencent à voler, et qu'on les lâche, on les verra prendre leur essor dans l'air, se dirigeant au milieu des arbres et évitant les objets aussi bien que les oiseaux adultes[1]. Le poussin n'a pas besoin d'apprendre à picorer un grain de blé ; il possède ce mouvement dès le début, quoique au commencement il picore aussi bien les cailloux que les grains de blé. Le poussin n'a pas besoin d'apprendre à sauter ; dès le début, il adapte ses mouvements sautillants à la distance qu'il doit parcourir[2].

1. Spalding. *Nature*, 1875, XII, 507.
2. Thorndike. *Psychol. Review*, 1899, VI, 282.

En ce qui concerne les instincts humains, il s'agit de savoir si l'action de *marcher* est une coordination héritée ou acquise. Il y a quelques années, James[1] souhaitait que pour expérimenter cette question, on fasse de légères ampoules aux pieds de quelques enfants, les empêchant ainsi de faire des efforts pour marcher, avant que l'instinct, si c'en était un, fût mûr.

Depuis, on a publié plusieurs observations, mais aucune n'a suivi une méthode aussi rigoureuse.

Je vais relater un cas, dans lequel une méthode semblable a été mise en pratique, dans une famille que je connais intimement. Une petite fille de 9 mois, très remuante, montrait des tendances à marcher ; mais ses pieds et ses chevilles n'étant pas suffisamment développés, le médecin prescrivit qu'on l'empêchât de s'en servir, et on remit à l'enfant des robes très longues. Deux mois plus tard, on le mit par hasard à terre sans robe longue; elle se leva sur ses jambes et marcha droit et sans peur; après quoi, la robe longue ne l'empêchait plus de marcher : elle la relevait et marchait. Cette enfant a toujours été agile sur ses jambes.

Kirkpatrick[2] a publié un cas un peu différent, mais qui montre aussi que l'action de marcher n'a pas besoin d'être enseignée par petites doses, ni par un effort volontaire. Une fillette de 17 mois causait beaucoup d'anxiété à ses parents, parce qu'elle ne pouvait pas apprendre à marcher : elle ne voulait pas

1 *Principles of Psychology*, 1890, II, 406.
2. *Psychological Review*, 1899, VI, 275.

essayer. Un jour son père entrant dans la chambre où elle se trouvait, enleva ses manchettes et les mit sur une table ; l'enfant sembla s'intéresser beaucoup à ces manchettes ; elle se traîna à travers la chambre, saisit un des pieds de la table d'une main, et de l'autre elle prit une des manchettes qu'elle se passa ensuite au poignet de l'autre main : pour ce faire, elle a certainement dû se tenir debout toute seule... Elle prit ensuite l'autre manchette, qu'elle passa à l'autre poignet et resta en admiration devant ces deux manchettes sur ses poignets. Après quoi elle se retourna avec une expression de contentement sur la figure, et marcha aussi bien que tout autre enfant. Et non seulement cela, mais elle se mit à courir à travers la chambre, alla dans une autre encore, et non en marchant simplement, mais en courant comme un enfant de quatre ou cinq ans. Lorsqu'on lui enleva les manchettes, elle ne voulut plus marcher ; aussi pour aider à ses progrès, lui en donna-t-on une paire, dont elle n'eut plus besoin au bout de deux jours, car elle marchait à volonté.

Trettien [1] a collectionné plusieurs cas semblables, d'enfants qui n'apprirent jamais à marcher, mais qui commencèrent à le faire tout à coup, et apparemment sans avoir conscience qu'ils faisaient quelque chose de nouveau. Ils faisaient leurs premiers pas pendant que leur attention était complètement absorbée par quelque objet intéressant. Si cet objet ne leur offrait plus d'intérêt et qu'ils prêtassent attention à leurs mouvements, ils perdaient toute coordination et pou-

1. *American Journ. of Psychol.*, 1900, XI, 1.

vaient tomber. Mais la majorité des enfants ne commencent pas à marcher tout à coup. Ils sont assistés par les parents ou la nourrice, avant qu'ils aient pu manifester quelque désir spontané de marcher ; ce qui signifie probablement qu'on les incite à faire ces mouvements avant que les voies nerveuses qui les amènent soient entièrement développées. Le processus suivi pour apprendre à un enfant à marcher est un processus de hâte, et probablement plutôt nuisible qu'utile au développement moteur de l'enfant.

Beaucoup d'autres mouvements coordonnés sont probablement innés, et n'arrivent à la maturité qu'à différentes époques après la naissance. Les mouvements du bras de l'enfant sont des exemples de coordination musculaire, quoiqu'ils ne soient exécutés au début que dans une direction indéterminée. Ils renferment des mouvements dans toutes les directions possibles, dont quelques-uns, comme par exemple de mettre la main dans la bouche, produisent du plaisir, deviennent volontaires. On a observé un enfant qui essayait de faire ce mouvement instinctif vers sa bouche. Il jetait la main dans toutes les directions ; un de ces mouvements plaça sa main dans sa bouche ; l'enfant sembla y prendre plaisir et s'y essaya encore une fois. Le lendemain il y réussit par trois fois, et au bout de quinze jours, il pouvait faire ce mouvement à volonté [1].

Les coordinations élémentaires de vocalisation et même d'articulation sont instinctives, ce qui est

1. Dexter. *Educational Review*. New-York, 1902, XXIII, 81.

prouvé par le fait que les enfants nés sourds les font à peu près comme les autres enfants au début.

Des enfants aveugles-nés font beaucoup de mouvements d'expression faciale, qui sont sans doute instinctifs.

Nous concluons que le matériel héréditaire des mouvements volontaires consiste en mouvements coordonnés, dont beaucoup sont parfaits. Ils sont obtenus instinctivement par certaines sensations et perceptions.

L'acquisition du contrôle volontaire comprend au moins trois processus :

1° La subordination des mouvements réflexes ou instinctifs à la volonté, de façon qu'ils puissent être exécutés à volonté ou empêchés à volonté ;

2° La combinaison des mouvements instinctifs en des mouvements plus étendus et plus prolongés.

3° L'isolement de certaines parties d'une réunion instinctive de contractions musculaires, de façon que ces parties puissent être faites séparément ou combinées avec d'autres contractions dans de nouvelles combinaisons qui soient contraires aux coordinations héréditaires.

Nous aimerions savoir comment chacune de ces formes du contrôle volontaire est développée ; mais nos matériaux n'y suffisent pas encore.

Acquisition d'un contrôle volontaire sur les réflexes, de façon a les exécuter ou a les empêcher a volonté. — Certains auteurs nient qu'une telle acquisition soit possible ; on a dit que, quoique nous ayons de nombreux exemples du changement de nos mouvements volontaires en involontaires, nous

n'avons pas de connaissance du changement contraire[1]. De peur que cette opinion ne soit celle du lecteur, je veux apporter plusieurs exemples : le contrôle volontaire sur la miction et la défécation ; l'habilité à varier arbitrairement la façon de respirer, l'habilité à modérer sa toux ou l'éternuement, ou de faire l'un des deux, sans qu'il y ait aucune irritation dans le passage respiratoire ; l'habilité à tourner ses yeux à volonté ou à les faire converger à volonté, sans une détermination visuelle de ces mouvements ; l'habilité à mouvoir ses bras en conformité avec un dessein qu'on s'est proposé, sans aucune stimulation immédiate, sensorielle ou émotionnelle ; l'habilité à marcher à volonté, non seulement sous l'influence des sensations qui ont d'abord donné naissance à la déambulation involontaire ; l'habilité à contrôler son expression faciale, de façon à ne pas sourire à nos propres bons mots, et à sourire fortement et réellement quand même à ceux des autres. Certaines personnes développent à un très haut degré cette forme de contrôle sur leurs propres mouvements. Certains acteurs rougissent et pâlissent à volonté, versent des larmes, sanglotent avec plus ou moins de conviction, exécutent en un mot tous les mouvements expressifs sans ressentir une intensité proportionnelle d'émotion. On a enregistré des cas de personnes qui peuvent maîtriser les battements de leur cœur, de personnes capables de s'empêcher d'avaler un objet parvenu à mi-chemin dans leur œsophage et de personnes qui peuvent accélérer les mouvements péristal-

1. Münsterberg. *Die Willenshandlung*, 1888, p. 134.

tiques de leur intestin, de façon à produire une diarrhée volontaire. Il n'y a probablement pas de réflexe qui ne puisse être mis sous l'empire de la volonté par la pratique aidée par la chance. Il n'y a pas de réflexe qui ne soit influencé par les conditions du cerveau, par des idées, des émotions ou des désirs.

Une façon de contrôler ses réflexes, c'est de découvrir d'abord quelle émotion a produit l'effet désiré et de susciter ensuite cette émotion. Après une certaine pratique, l'émotion peut devenir de moins en moins intense, jusqu'à ce que l'effet réflexe suive directement le *fiat*. Ceci n'est cependant qu'une conjecture ; ce que nous connaissons quant à présent, c'est que les réflexes — ou du moins beaucoup d'entre eux — peuvent être mis sous l'empire de la volonté ; comment ce fait s'accomplit, nous l'ignorons.

Le seul travail expérimental là-dessus est celui de Partridge[1], et encore ne nous avance-t-il pas de beaucoup. Il a étudié comment on peut s'empêcher de cligner des yeux, lorsqu'on en approche un objet. Dans ses expériences, il mettait rapidement en mouvement un marteau vers la figure du sujet et frappait une plaque de verre, juste devant les yeux. Il s'agissait de savoir après combien de fois le sujet s'empêcherait de cligner des yeux, et le contrôle serait donc complètement assuré. Il a trouvé de grandes différences chez les adultes ; il y en avait qui s'y habituaient très vite, et d'autres qui n'y arrivaient jamais. Les enfants pouvaient aussi s'empêcher de cligner, mais plus difficilement.

1. *American Journ. of Psychology*, 1900, XI, 244.

Le moyen par lequel il semble qu'on s'empêche de cligner consiste surtout dans la tension préliminaire des muscles opposés. Les plus jeunes enfants montraient d'abord une contraction musculaire dans tout le corps, qui diminuait par la pratique.

L'action de cligner n'était certes pas entièrement empêchée par l'opposition périphérique des muscles antagonistes, car dans ce cas il n'y aurait eu besoin d'aucune pratique. Il est prouvé qu'il y a certaine inhibition centrale par le fait que tout le monde peut contrôler, que nous pouvons facilement nous empêcher de cligner, si nous approchons des yeux notre propre poing, et que nous ne pouvons pas nous en empêcher, si c'est une autre personne qui approche son poing de nos yeux. Nous avons déjà montré que l'inhibition des réflexes est un processus central[1] ; mais pour le moment nous ne pouvons que faire des conjectures sur la nature de ce processus et sur la méthode de développement de son efficacité.

La combinaison des mouvements instinctifs de façon a en faire des mouvements plus compliqués

Aussi paradoxal que cela semble être, il n'est pas moins vrai que le développement du contrôle volontaire sur une série de mouvements étrange et compliquée ne consiste qu'en un processus, qui réduise ces mouvements et leur combinaison à l'état d'actions involontaires. Aussi longtemps que les parties du

1. Voir plus haut, p. 264.

mouvement exigent une attention séparée, le mouvement n'est pas exécuté comme un acte volontaire unique. Les parties sont volontaires ; le tout est désiré, sans être cependant sous la dépendance du désir. L'acquisition du contrôle volontaire est équivalente à la formation de l'habitude. Le processus par lequel s'est formée l'habitude et s'est établi le contrôle volontaire, c'est la pratique, l'entraînement, l'exercice.

Tout le monde connaît d'une façon générale les effets de la pratique : augmentation de l'exactitude, de la vitesse, de la facilité, de la sûreté et de l'automatisme. Si pendant l'entraînement l'attention est dirigée vers les facteurs qui contribuent au perfectionnement, on en peut distinguer plusieurs. Il y en a de conscients et d'intellectuels. On remarquera qu'une façon quelconque de faire un mouvement réussit mieux qu'une autre et sera donc adoptée ; au début, on fait des mouvements inutiles, mais on remarque qu'ils ne produisent rien de bon, et on les abandonne, et l'on apprend à faire la même action d'une façon plus simple, plus rapide et plus exacte ; on arrive à reconnaître les parties faibles de l'acte, et on concentre là-dessus son effort. On peut encore trouver d'autres facteurs non intellectuels : par association, le procédé devient régulier, et l'on emploie moins de temps à passer d'une partie à l'autre de l'acte ; c'est encore par association que certaines parties deviennent automatiques, l'attention ne s'y attache plus et se concentre sur les parties faibles du mouvement ou sur le résultat désiré. L'élimination des mouvements inutiles, et la conservation du meilleur procédé sont donc en partie inconscients.

On n'acquiert que graduellement de l'habileté à faire un nouveau mouvement. Dans la première partie de la pratique, le perfectionnement est ordinairement rapide, ensuite il est plus faible, jusqu'à ce que, à la fin, il n'y ait plus de perfectionnement possible. Un perfectionnement soudain est la preuve de changements brusques dans la façon de faire le mouvement ; un progrès léger indique une élimination graduelle des mouvements faux et une croissance graduelle de l'association entre les différentes parties. En termes neurologiques, un progrès soudain dénote que la réaction suit certaines voies nerveuses nouvelles dans le système nerveux ; un progrès faible indique que les anciennes voies se développent graduellement.

Il n'y a que le progrès soudain qui puisse indiquer une connaissance intellectuelle du procédé d'après lequel on fait le mouvement; et même cela peut être le résultat du hasard de l'association. Le progrès gradué, montre un développement inconscient, et nulle connaissance intellectuelle. Jugés à ce point de vue, les animaux n'apprennent que par association graduée ; les singes seuls donne des signes de perception de leur façon de réagir [1]. L'homme adulte, dans la pratique d'un acte nouveau, donne des signes de perception de la meilleure façon d'agir. Mais le fait que pour la plupart le progrès de la pratique humaine est graduel, montre que les causes du perfectionnement sont en grande partie non intellectuelles.

1. Thorndike. *Psychol. Review*, 1898, Monogr. suppl., n° 8, et 1901, Monogr. suppl., n° 15.

La question de savoir si l'acquisition du contrôle volontaire est un processus général ou spécifique, est importante, à cause des données suggestives, sinon concluantes, dont on peut se servir. Il a été établi que le contrôle sur les mouvements d'une main entraîne le contrôle des mouvements semblables de l'autre main qui n'a pas été soumise à l'entraînement. Une main peut avoir été exercée pour écrire, l'autre main, sans y avoir été préparée, peut faire des mouvements symétriques. Cela est vrai surtout lorsque les mouvements pour écrire sont exécutés à pleins bras plutôt que par le pouce et les doigts [1]. Si une main acquiert plus d'exactitude ou plus de célérité, cela augmente aussi l'exactitude ou la célérité de l'autre main, dans le même genre de mouvements [2]. Si l'un des pieds acquiert plus de pratique à frapper rapidement de petits coups, cela perfectionne les mêmes mouvements de l'autre pied et des mains [3]. Si l'un des bras et la main sont entraînés à l'aide de dynamomètres ou d'ergographes, sa force sera augmentée, ainsi que la force de l'autre bras, dans les mêmes mouvements [4]. En faisant de la pratique sur

1. E.-H. Weber et Fechner, dans le rapport de Fechner. *Ber. der Konigl. sächs. ges. der Wissensch. zu Leipzig.* Math.-phys. Klasse, 1858, X, 70.

2. Scripture, Smith and Brown. *Studies from the Yale Psychol. Lab.*, 1894, II, 114.

Davis. *Ibid.*, 1898, VI, 32.

Woodworth. *Psychol. Review.* Mon. suppl., n° 13, 1899, p. 105.

3. Davis. *Op. cit.*, p. 11.

4. Davis. *Op. cit.*, p. 20, et *Stud. Yale Psychol. Lab.*, 1900, VIII, 64.

la réaction des sons, on arrive à diminuer le temps de réaction pour d'autres stimulations [1].

On a un peu rapidement déduit de ces résultats que le contrôle volontaire était une fonction générale, qui, entraînée par un acte quelconque, peut être exercée sur tout autre acte.

Mais ces résultats comportent une autre explication. L'exercice d'une main n'est pas entièrement séparé de celui de l'autre ; les mains sont souvent innervées ensemble et donc entraînées spécifiquement en même temps. Zoth [2] l'a remarqué dans le travail ergographique ; pendant un effort violent de la main droite, la gauche exécute des mouvements identiques. Dans l'exactitude et la rapidité, le tronc et les yeux sont tout aussi intéressés que la main, et lorsque la main est soumise à l'entraînement, le tronc et les yeux le sont encore. Dans la réaction aux différentes stimulations, la partie motrice de la réaction demeure la main, et lorsqu'elle est entraînée pour une stimulation, elle l'est pour toutes. L'action de frapper des petits coups est plutôt une question d'adresse, qui une fois bien développée, peut être appliquée à d'autres membres.

Rien dans ces résultats ne montre cependant qu'une fonction quelconque puisse être développée si elle n'est pas exercée [3], et rien non plus qui démontre la réalité d'une force volontaire générale, qui puisse

1. Gilbert and Fracker. *Univ. of Iowa Studies in Psychol.*, 1897, I, 62.

2. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1896, LXII, 362.

3. Voir Wissler et Richardson. *Psychol. Review*, 1900, VII, 36.

être développée en perfectionnant un mouvement et exercée ensuite sur d'autres mouvements. Contre cette même théorie s'élève le fait[1] que l'entraînement d'une fonction mentale n'augmente souvent pas les bonnes conditions de fonctions similaires; parfois d'autres fonctions sont quelque peu améliorées, et dans ce cas elles sont d'autant plus semblables à la fonction entraînée. Il est probable que les fonctions semblables contiennent des éléments identiques, c'est-à-dire qu'elle sont transmises par les mêmes voies nerveuses.

La conclusion la plus probable est que le contrôle volontaire est spécifique et doit être acquis séparément pour chaque mouvement.

Isolation d'une partie des coordinations instinctives, et leur recombinaison dans des complexes contraires a l'instinct.

Avant de parler des expériences qui ont été faites sur cette question, nous voulons apporter quelques exemples qui prouvent la réalité du processus même.

Parmi les mouvements les plus adroits, il y en a quelques-uns qui exigent l'emploi des mains d'une autre façon que cela n'a été déterminé par la nature. Ainsi, par exemple, les mouvements du pianiste. La flexion et l'extension du troisième, quatrième et cinquième doigts séparément sont des façons

1. Thorndike et Woodworth. *Psychol. Review*, 1901, VIII, 247, 384, 553.

articielles d'exécuter un mouvement; par instinct, ils remuent ensemble. Les mouvements faits pour écrire sont aussi d'un caractère artificiel.

On trouve d'autres exemples de dissociation artificielle dans les tics que les enfants affectionnent : de cligner d'un œil, de fléchir une des jointures interphalangiennes, pendant que les autres restent étendues, de séparer latéralement deux doigts, en gardant les autres serrés l'un contre l'autre. Les comédiens acquièrent la force de soulever un sourcil, en faisant descendre l'autre, de sourire d'un côté de la figure, pendant que l'autre est menaçant, de contracter d'une façon indépendante les muscles abdominaux (danse du ventre) et ainsi de suite.

La dissociation de la convergence et de l'accommodation des yeux est un exemple instructif, parce que nous pouvons montrer par quels moyens on y arrive.

Des verres prismatiques, placés devant les yeux, augmentent ou décroissent la quantité de convergence nécessaire pour obtenir une vision unique des objets, à une certaine distance, tandis que l'accommodation nécessaire reste la même. Après quelque temps, les yeux s'adaptent à cette nouvelle combinaison de mouvements. Il est évident que c'est l'influence des sensations confuses et la lutte pour la vision binoculaire claire, qui sert de guide dans le développement de la nouvelle coordination. La dissociation peut être produite sans le secours d'un prisme, rien qu'à l'aide des sensations visuelles. La volonté et l'intelligence ont peu à faire avec la nouvelle coordination, excepté pour choisir les conditions les plus favora-

bles de sensation. L'attention n'est pas dirigée vers les mouvements, mais vers les sensations. L'effort consiste simplement à voir clair.

Le travail le plus complet sur la dissociation des complexes instinctifs — et par conséquent une des études les plus suggestives qui appartiennent au développement du contrôle volontaire — est celui de Bair[1]. Pour ses études, il a choisi le mouvement de l'oreille externe, produit par le muscle *retrahens aurem*. Beaucoup de personnes sont incapables d'innerver ce muscle à volonté ; Bair a cependant trouvé qu'on pouvait le leur enseigner.

Il a enregistré les mouvements des oreilles au moyen de tambours. Un léger levier rattaché au tambour enregistreur était adapté au bord supérieur de l'oreille ; le tambour était placé sur un châssis placé sur la tête d'une façon légère, mais néanmoins ferme. On pouvait prendre des enregistrements des deux oreilles.

Sur certains de ses sujets, Bair a exercé une stimulation électrique sur le muscle *retrahens* ; elle produisait le mouvement désiré et donnait naissance à la sensation de mouvement. Ce procédé avait pour but de déterminer si, après avoir obtenu une image kinesthétique du mouvement, le sujet serait capable de produire ce mouvement volontairement, par ce moyen. La réponse était négative. Chaque sujet sentait clairement le mouvement, mais aucun n'était en état de le reproduire à nouveau. L'image kinesthétique du mouvement

1. *Psychol. Review*, 1901, VIII, 474.

n'avait pas la force causale pour faire jaillir le mouvement. Il semblait cependant que l'image kinesthétique était d'un certain secours, car les sujets qui recevaient la stimulation électrique apprenaient un peu plus vite que ceux qui étaient simplement laissés à eux-mêmes. Bair croit que l'image kinesthétique rend le sujet capable de reconnaître le mouvement, lorsqu'il a été exécuté, et de distinguer ainsi la réussite de l'insuccès. De même, la vue de son oreille pendant qu'on fait l'expérience pourrait être d'un certain secours.

Le processus par lequel le contrôle volontaire a été établi sur les mouvements de l'oreille, se composait de plusieurs phases. D'abord, par un effort à remuer son oreille, le sujet innervait un groupe de muscles, qui éveillaient des sensations dans le voisinage de l'oreille et qui sont soumis au contrôle volontaire, à savoir les muscles du sourcil. Quoique le muscle *retrahens* ne participe pas tout d'abord à cette contraction, il le fait occasionnellement plus tard, et d'une façon régulière encore plus tard, et de plus en plus fortement. Lorsque le sujet remarquait qu'un effort lui réussissait, il était incité à des contractions encore plus vigoureuses du groupe entier, et de là à la contraction vigoureuse du muscle *retrahens*. Cette phase du processus d'étude atteignait le point culminant dans la contraction vigoureuse du muscle *retrahens*, associé aux muscles du sourcil.

La phase suivante consistait en une *isolation* entre le *retrahens* et les muscles du sourcil. On a trouvé que cet acte ne pouvait s'accomplir par un effort volontaire pour empêcher la contraction des muscles

du sourcil. L'effort fait pour les relâcher, en contractant le *retrahens*, n'amenait qu'une très forte contraction tonique de ces muscles. La méthode qui a le mieux réussi était d'oublier les muscles du sourcil et de *concentrer toute l'attention sur l'oreille*. De cette façon on a obtenu un succès complet.

Lorsque les mouvements de l'oreille se produisaient pour la première fois, ils étaient bilatéraux, et il fallait une pratique spéciale avant d'obtenir des mouvements séparés. On les a obtenus de la même façon : par la concentration de toute l'attention sur une seule oreille.

Dans le même ordre d'idées, je puis mentionner certaines expériences que j'ai faites sur moi-même et qui confirment les conclusions de Bair. J'ai essayé d'isoler la flexion et l'extension du hallux, et j'ai enregistré les observations suivantes :

1° D'abord, tous les doigts du pied remuaient ensemble ; c'était le rapprochement le plus près du mouvement désiré, qui était soumis au contrôle volontaire. La difficulté consistait à remuer le hallux, tout en tenant les autres tranquilles.

2° Les premiers succès semblent le fait d'un accident, et non d'une connaissance introspective.

3° Après avoir réussi deux fois, le temps d'une expérience avant le succès tombât de 70 ou 80 secondes à 30 secondes. Ensuite le temps décroissait lentement, jusqu'à ce qu'à la fin le mouvement désiré ait suivi l'intention à une fraction de seconde. La courbe de la pratique suivait en général celle des lignes qui représentaient les progrès faits par un

chien ou un chat pour s'enfuir hors d'une cage[1]. L'isolation semblait être accomplie par association graduée.

4° Si l'attention n'était concentrée que sur le hallux, en oubliant les autres doigts, on réussissait davantage que lorsqu'on voulait maintenir les autres doigts immobiles, pendant que le hallux remuait.

5° Le sujet ne retrouvait aucune image kinesthétique des mouvements du hallux pendant ces expériences.

Il est évident que les *sensations* du mouvement sont nécesssaires à l'acquisition du contrôle volontaire ; il est évident aussi que l'image reproduite de ces sensations a de la valeur, comme l'indique Bair, pour faire connaître si le résultat a été atteint. Mais acquérir la force de rappeler une image à volonté n'est pas équivalent à acquérir le contrôle volontaire. Le passage du désir d'exécuter un mouvement à l'exécution même ne consiste pas en images kinesthétiques.

L'attention qui assure la réussite n'est pas dirigée vers l'image reproduite des mouvements passés, mais plutôt vers les sensations présentes qui partent du membre avant qu'il remue, et lorsqu'il est sur le point de le faire. Ce sont donc plus probablement ces sensations qui forment la cause naturelle excitante du mouvement. L'idée du résultat du mouvement — idée qu'on peut aussi bien exprimer en termes visuels qu'en termes kinesthétiques — doit s'associer aux sensations qui précèdent le mouvement.

1. Voir Thorndike, cité p. 323.

Les sensations qui interviennent disparaissent plus tard dans le processus d'association, et le mouvement suit immédiatement le désir.

La force dissociante de l'attention isolée est difficile à comprendre. Une suggestion est faite ; l'attention doit signifier qu'il existe un degré spécial d'activité dans certaines voies du cerveau ; ces voies, plus excitables que d'autres, peuvent procurer une plus grande portion de la force de l'impulsion volontaire.

La part jouée par l'intelligence dans le développement ainsi que dans l'exécution du mouvement volontaire est donc indirecte. L'observation démontre que certains mouvements s'adaptent mieux que d'autres au but qu'on s'est proposé et que certaines méthodes pour acquérir le contrôle réussissent mieux que d'autres ; les meilleures méthodes sont choisies par l'intelligence. Mais la présence de l'intelligence n'est qu'externe ; elle remarque les effets de chaque cause et choisit les meilleurs moyens pour atteindre le but.

La fonction de l'intelligence pour contrôler les mouvements du corps est du même genre que sa fonction pour contrôler l'opération des autres phénomènes naturels. Dans chaque cas elle part de certaines conséquences, qui sont indépendantes de son contrôle. En observant ces conséquences, elle choisit les causes qu'elle a vues produire les effets désirés, et ainsi, sans considérer la nature interne du processus causal, elle est en état de le contrôler en une certaine mesure.

A ce point de vue de l'intelligence, les mouvements corporels sont aussi bien une partie de la nature externe que les mouvements des corps inanimés ou les effets de la lumière, de la chaleur et de l'électricité.

CHAPITRE XIV

LA RAPIDITÉ DES MOUVEMENTS CORPORELS

Quoique cette question soit plutôt physiologique que psychologique, on a trouvé qu'elle présentait aussi un certain intérêt psychologique. Les expériences des psychologues ont été de trois sortes : ils ont étudié la rapidité des mouvements isolés, la rapidité maxima des mouvements répétés alternativement et la rapidité maxima d'une réaction envers une stimulation.

I. La courbe de rapidité des mouvements isolés

Binet et Courtier[1] ont étudié les changements de rapidité du mouvement du bras. Ils ont employé la plume électrique d'Edison, qui écrit à l'aide d'étincelles produites régulièrement, tant par seconde. Chaque étincelle laisse une trace, et l'on peut déterminer la rapidité du mouvement à l'aide de ces traces. On peut modifier cette méthode en écrivant avec un stylet en métal sur un papier fumé, placé sur une plaque métallique. Le stylet et la plaque

1. *Revue philosophique*, 1893, XXXV, 664.

étant réunis aux pôles d'une bobine, les étincelles traversent le papier et tracent des points sur les lignes écrites. On peut déterminer le nombre d'étincelles à l'aide d'un diapason, et elles seront ainsi plus uniformes que par la plume électrique. Scripture[1], entre autres, a appliqué cette méthode à l'étude des mouvements du corps.

Les résultats de Binet et Courtier ont montré en quoi nos mouvements volontaires étaient soumis aux lois physiques, en dépit même de notre intention. Ils ont trouvé que chaque mouvement commence et finit doucement, et que le maximum de rapidité se trouve au milieu, et cela même lorsque le sujet s'efforce à faire des mouvements de rapidité uniforme. Camerer[2] a remarqué la même chose.

Plus le mouvement est long, plus la rapidité en est grande, et cela même en dépit de notre intention.

Tout changement de direction — à moins qu'il ne soit très gradué — agissait comme un arrêt partiel et diminuait la rapidité.

Plus un mouvement devait satisfaire à un grand nombre de conditions, plus la rapidité en était diminuée. Un mouvement exact était ralenti instinctivement en comparaison d'un mouvement auquel on n'accordait pas trop de soins.

Ces lois sont vraies pour les mouvements combinés dans l'acte d'écrire. La rapidité change sans cesse, trois fois ou plus pour la même lettre. Dans

1. *Studies from the Yale Psychological Laboratory*, 1900, VIII, 37.
2. Voir Vierordt. *Der Zeitsinn*. Tübingen, 1868, p. 88.

une des parties du mot, la rapidité était parfois jusqu'à onze fois plus grande que dans une autre partie. On arrivait à plus de rapidité en évitant les points.

Loeb et Korányi[1] ont trouvé, en employant une autre méthode pour enregistrer la rapidité, que la courbe de rapidité d'un mouvement volontaire consistait d'abord en accélération, ensuite en rapidité presque constante et à la fin en retard. La première moitié de la distance était très exactement parcourue dans la moitié du temps.

Ils ont trouvé que la courbe de rapidité des mouvements ascendants et descendants était la même. Ces derniers n'ont aucune tendance à devenir de plus en plus rapides. L'influence uniformément accélérant de la gravité était compensée dans le mécanisme moteur. Le bras pouvait être chargé d'un poids, les mouvements ascendants et descendants n'en restaient pas moins pareils comme rapidité. Cette compensation physiologique était inconsciente. Même lorsque le sujet avait l'intention de laisser tomber son bras passivement, il ne tombait pas avec une accélération constante ; la rapidité augmentait pour la première moitié de la distance et décroissait ensuite. Loeb et Koranyi ont mis en doute la possibilité de laisser tomber le bras passivement, sans aucune contraction compensatoire. Il faut remarquer cependant que dans le mouvement qu'ils exigeaient, le sujet tenait un stylet à la main et le faisait mouvoir en ligne droite sur une surface. Il devait donc l'arrêter lui-même. Si les conditions sont changées, si le sujet

1. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1890, XLIV, 101.

frappe un coup sur une surface placée plus bas, le mouvement est plus rapide à la fin[1].

La courbe de rapidité montre si un mouvement a été fait par une seule impulsion, comme un tout, ou si des innervations subsidiaires s'y ajoutent pour le compléter. Loeb et Koranyi ont observé que dans certains mouvements lents, l'accroissement et la décroissance de la rapidité ne sont pas simples ; après avoir commencé à décroître, la rapidité augmente de nouveau, ce qui prouverait que l'innervation a été renouvelée. Nous verrons dans un chapitre suivant[2] que ces innervations secondaires arrivent régulièrement lorsque le mouvement tend à une grande précision.

La rapidité maxima d'un mouvement volontaire diffère beaucoup suivant les muscles employés et la longueur des os mis en mouvement par ces muscles. McAllister a trouvé[3] qu'on peut faire plus vite un mouvement de 1 centimètre de longueur, par le mouvement du bras à partir de l'épaule, que par un mouvement confiné dans la main et les doigts. Il a fait une étude minutieuse sur la rapidité des mouvements horizontaux de la main droite dans différentes directions ; ses résultats sont présentés dans la figure 9. Les lignes radiantes indiquent les différentes directions du mouvement, et les distances du centre, interceptées entre ces lignes par la ligne irrégulière, sont proportionnelles au temps employé par ces

1. Voir *Psychological Review*, 1901, VIII, 354.
2. Voir p. 359.
3. *Studies from the Yale Psychological Laboratory*, 1900, VIII, 46.

mouvements pour traverser 10 centimètres. La distance entre les cercles représente 0. 1 sec. Les mouvements les plus rapides sont ceux qui sont dirigés à l'extérieur et en avant, ou à l'intérieur et en arrière ;

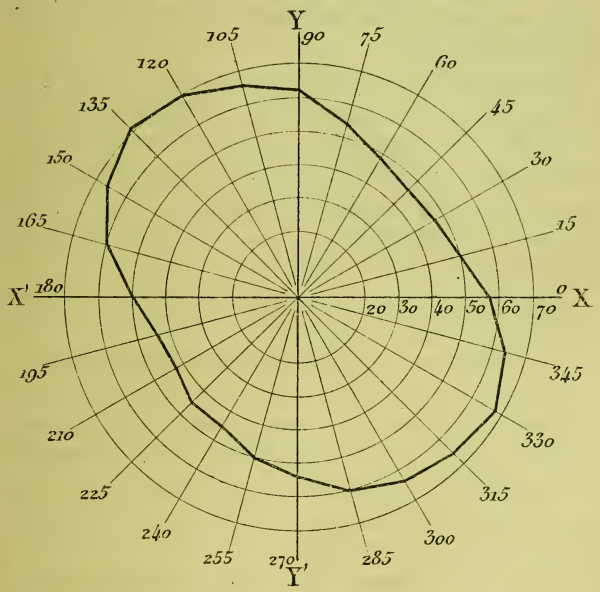

Fig. 9. — Expériences McAllister.

les plus lents sont presque en angles droits avec les plus rapides. Les mouvements dirigés vers le corps (en arrière) sont un peu plus rapides que les mouvements dirigés au delà du corps (en avant).

En termes physiologiques, ces résultats signifient

que la flexion et l'extension du coude (avec probablement une certaine association de la rotation de l'épaule), sont plus rapides sur une distance de 10 centimètres que la protraction et la rétraction de tout le bras. Cette différence est aisément *sentie*. La même différence paraît dans les mouvements de 1 centimètre de longueur.

Nous avons dit que les mouvements longs sont plus rapides que les courts, même lorsqu'on ne s'efforce pas d'atteindre à la rapidité. McAllister a trouvé que lorsqu'on tendait à la rapidité, on employait deux fois autant de temps pour un mouvement de 10 centimètres que pour un mouvement de 1 centimètre.

2. Rapidité de la répétition d'un mouvement.

La tâche imposée à un sujet dans ces expériences consiste à répéter un mouvement donné autant de fois que possible par seconde. Cela nécessite une motion vibratoire, alternant en flexion et extension, ou en abduction et adduction, etc.

La clé télégraphique, ou ses modifications, est l'appareil le plus employé pour ces expériences. Von Kries[1] a simplement attaché un fil télégraphique au doigt et a frappé avec sur une plaque métallique. On peut compter le nombre de coups par un mouvement d'horloge, ou on peut encore les enregistrer à

1. *Archiv für (Anat. u.) Physiol.*, 1886, Suppl. Band, p. 6.

l'aide d'un électro-aimant sur un tambour en mouvement. On ne s'est pas beaucoup servi du tambour de MAREY pour ces épreuves, quoiqu'il y soit très approprié, d'autant plus qu'il enregistre aussi bien la force des coups que leur nombre et donne ainsi un aperçu sur la nature même du processus. On peut faire des expériences rien qu'avec une plume et du papier, et une montre pour contrôler le temps, de préférence une montre à arrêt.

On arrive à frapper avec la main tout au plus 10-11 coups par seconde [1], et certaine pratique est nécessaire pour atteindre ce chiffre. Toutes les personnes sur lesquelles on a expérimenté n'ont pas donné des résultats semblables. DRESSLAR [2], après de nombreux exercices, est arrivé à 10,5 coups par seconde, qu'il était en état de continuer pendant 300 coups consécutifs, c'est-à-dire pendant près de 30 secondes. D'autres sujets sur lesquels il a expérimenté ont donné 6-7 coups par seconde. D'autres encore, expérimentée par BRYAN [3], ont donné 6-8 coups par seconde. J'ai observé, chez différents sujets, 6-10 par seconde. En jouant du piano, ainsi que l'a remarqué VON KRIES à l'aide du *tempo* ordonné, le même mouvement peut être répété 7-8 fois par seconde, et certains virtuoses peuvent dépasser ce chiffre.

La rapidité maxima est plus grande pour la main droite que pour la gauche. Dans les épreuves de

1. VON KRIES. *Op. cit.*
2. *American Journ. of Psychol.*, 1892, IV, 514.
3. BRYAN. *American Journ. of Psychol.*, 1892, V, 123-204.

Bryan, la main gauche a donné une moyenne d'environ 9/10 de la rapidité de la main droite.

Certaines jointures sont plus rapides que d'autres. Les jointures interphalangiennes des doigts sont relativement lentes ; de même l'épaule ; le coude, le poignet et les jointures métacarpo-phalangiennes sont plus rapides. Ainsi, chez l'un des sujets de Bryan, les moyennes données par ces jointures sont les suivantes :

Épaule.	5,2	coups par seconde.
Coude.	8,8	—
Poignet.	11,4	—
Métacarpo-phal.. .	7,6	—
Premier interphal. .	6,0	—
Deuxième — .	4,3	—

On a trouvé que dans l'acte d'écrire, le poignet et le coude sont capables de mouvements oscillatoires plus rapides que les doigts ou l'épaule[1].

Von Kries dit que les mouvements de la mâchoire peuvent être répétés avec une rapidité de 6 par seconde, les flexions et l'extension du pied 7 par seconde ; les mouvements articulatoires, comme de dire par exemple : *la, la, la,* seraient presque aussi rapides que ceux du bras et de la main. Davis[2] a trouvé que le gros orteil pouvait frapper 4-6 coups par seconde.

Les enfants sont de beaucoup inférieurs aux adultes pour la force d'exécuter rapidement des mouvements répétés. Bryan a fait là-dessus une étude sta-

1. Woodworth. *Psychol. Review.* Monograph. Suppl., n° 13, 1899, p. 109.
2. *Studies from the Yale Psychological Lab.*, 1898, VI, 11.

tistique[1]. La rapidité moyenne des coups frappés par un enfant de 6 ans était environ les deux tiers de ceux frappés par les jeunes gens de 16 ans. La rapidité du poignet et de la jointure métacarpo-phalangienne augmente en ces dix ans beaucoup plus que celle du coude ou de l'épaule ; c'est à-dire que les jointures les plus petites sont plus en retard pour le développement. L'augmentation de la rapidité était presque égale pour les deux côtés du corps ; mais la partie préférée montrait cependant plus d'habileté dans chaque jointure. L'inégalité bilatérale est plus marquée chez les garçons que chez les filles. Les garçons frappent ordinairement les coups avec plus de rapidité que les filles du même âge ; les fillettes de 13 ans sont supérieures aux garçons de 13 ans ; entre 13 et 15 ans, elles perdent plutôt qu'elles ne gagnent.

La rapidité des coups est influencée par les conditions mentales et organiques. Dressler a trouvé qu'elle changeait avec le moment de la journée et qu'elle était plus élevée dans l'après-midi. La fatigue, soit la fatigue générale produite par la marche, soit la fatigue locale des muscles employés dans l'expérience, la fait décroître, tandis que l'animation mentale augmente la rapidité.

La rapidité des coups augmente donc avec la pratique et avec l'âge, décroît avec la fatigue, varie avec les conditions mentales et diffère chez les différents individus. Chez un individu donné, dans des conditions données, elle est presque constante. Elle

1. *Op. cit.*

n'est pas sujette à une variabilité aussi marquée que la précision du mouvement ; elle se prête mieux que la précision pour expérimenter les conditions du système nerveux et serait d'un bon témoignage dans la psychologie individuelle, et peut-être dans l'étude clinique des désordres moteurs.

En analysant le processus par lequel sont exécutés les mouvements rapidement répétés, on voit que les muscles antagonistes, qui se contractent alternativement, ne se relâchent pas complètement entre leurs contractions. Les jointures tendent à devenir presque rigides et ne vibrent que sous un angle très petit. Une trop grande rigidité est cependant un désavantage, car elle n'assure pas une vibration rapide de la même façon que lorsqu'il y a une certaine liberté. Bryan a trouvé que les mouvements de 20 millimètres étaient répétés plus rapidement que ceux d'un millimètre. En outre, une plus grande rigidité amène plus vite la fatigue.

La figure 10 confirme les données de Bryan. Les mouvements les plus étendus sont un peu plus rapides que les plus petits.

Le tracé montre encore une grande inégalité dans la force avec laquelle les coups ont été frappés. Parfois, il y en a qui ont échoué au point de ne produire aucun mouvement sur le tambour. De plus le tracé montre un genre de vagues. Les mouvements les plus grands forment un groupe, et les plus petits un autre ; ce qui fait croire que les mouvements peuvent être contrôlés par groupes, plutôt qu'individuellement. Cette supposition est confirmée par l'introspection et par une modification de l'expérience.

Quoiqu'il soit facile de changer la force d'une série de coups, il n'est pas aisé de contrôler la force de chaque coup séparément. Il s'ensuit que les mouvements isolés ne sont pas volontaires, au sens strict du mot ; la série est volontaire et l'impulsion volontaire est fortifiée à des intervalles fréquents, signalés probablement dans le tracé, par les vagues de la force.

Ces expériences gagnent en suggestivité lorsqu'on les considère en rapport avec certaines observations physiologiques de Schäfer et autres[1]. Lorsque des mouvements sont obtenus par une stimulation corticale, ils sont sujets à un tremblement qu'on peut facilement enregistrer sur un tambour. Le même tremblement apparaît

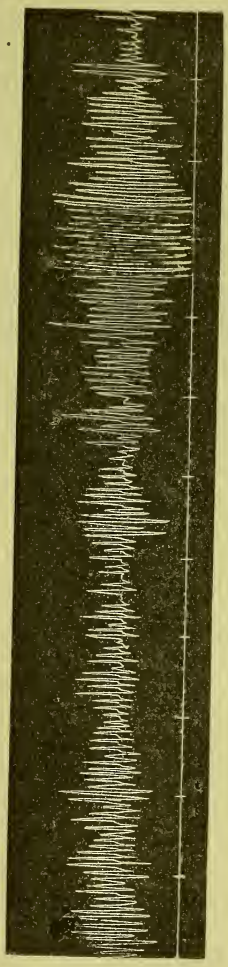

Fig. 10. — Vitesse des coups frappés, enregistrés par un tambour de Marey.

1. Horsley et Schäfer. *Journal of Physiology*, 1886, I, 96. — Schäfer, Canney et Tunstall. *Ibid.*, p. 111. — J. von Kries. *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1886. Suppl. Band,

dans la contraction musculaire volontaire. Quoique les vibrations soient d'étendues inégales, elles sont plutôt régulières comme vitesse. Dans différentes expériences elles varient de 8 à 13 par seconde, et quelquefois davantage ; la vitesse moyenne est de 10 à 11. Si les chocs électriques stimulants arrivent à 50 ou 100 par seconde, le muscle montre cependant la même vitesse de tremblement. Chaque vibration du muscle correspond à une nouvelle vague d'innervation, ainsi que le prouve l'examen des « courants d'action » du nerf, ou de la moelle épinière, à l'aide de l'électromètre capillaire [1].

Si l'on stimule le tronc nerveux, la vibration du muscle a la même valeur que le stimulant. C'est la cellule nerveuse ou plutôt le synapse qui transforme la proportion de 50 par seconde, en 8-13. Les cellules motrices corticales et spinales ont la même propriété.

C'est Richet [2] qui a donné la meilleure interprétation à ces faits. On peut formuler aussi d'une autre façon le fait que le cortex ne répond que 10 fois par seconde, quelque souvent qu'il soit stimulé ; on peut dire qu'aussitôt après une réponse à une stimulation le cortex n'est pas irritable, et qu'il a besoin, en moyenne, de 1 dixième de seconde pour recouvrer son irritabilité. Un dixième de seconde est donc une

p. 1. — Griffiths. *Journal of Physiol.*, 1888, IX, 39. Il y montre qu'en plaçant un poids sur le muscle, on obtient une plus forte rapidité (17-19).

1. Gotch et Horsley. *Philosoph. Transactions.* London, 1891, CLXXXII, B. 267. — *Proc. Roy. Soc.*, 1889, XLV, 18.

2. *Dictionnaire de physiologie*, III, 9.

unité de temps corticale et psychologique — un temps pendant lequel on ne peut accomplir qu'un seul acte ni apprécier qu'une seule impression. Cette façon de voir n'est pas entièrement corroborée par des faits du côté sensoriel, mais elle l'est du côté moteur. La rapidité des décharges corticales, 8-13 par seconde, est environ celle de la plus rapide répétition du mouvement. De ce côté, le cortex met une limite aux possibilités motrices.

Cependant, quoiqu'un seul synapse ne puisse transmettre plus que 8 à 13 impulsions par seconde, il semble qu'il n'y a pas de raisons pour que les différentes cellules ne se déchargent alternativement, et ne produisent ainsi une alternance de mouvements, dont chacun, pris isolément, puisse être répété de 8 à 13 fois par seconde. On voit quelque chose d'approchant dans les mouvements alternés de deux doigts, lorsque le pianiste, exécutant un passage de trémolo, dépasse la proportion de 8 à 13 par seconde. Chaque doigt demeure dans les limites de la cellule nerveuse, et les deux ensemble redoublent la rapidité. Le mouvement même de frapper des coups consiste en flexions et extensions alternées, chacune pouvant être répétée 10 fois par seconde ; le nombre entier d'innervations est le double de ce chiffre. La proportion des décharges corticales n'oppose donc une limite qu'à la rapidité dans laquelle un mouvement isolé peut être répété.

Le fait que la rapidité de la décharge corticale n'est pas toujours égalée dans les mouvements répétés, est dû aux difficultés physiques des périphéries et aux particularités de la coordination nécessaire.

3. Temps de réaction

Quoique le temps de réaction trouve place dans une discussion sur les phénomènes moteurs la littérature qui s'y rapporte s'est beaucoup occupée de sensations, d'attention et de simples actes intellectuels.

Le meilleur instrument pour mesurer le temps de réaction est le chronoscope de Hipp [1]. D'autres chronoscopes plus simples ont été inventés par d'autres expérimentateurs. Le chronographe, qui consiste en un tambour tournant rapidement, muni d'un diapason pour enregistrer le temps, et d'un électro-aimant délicat, pour enregistrer le signal et la réponse, procure aussi une méthode exacte [2].

Il est presque superflu de donner une description de l'expérience sur le temps de réaction. Le sujet se prépare à faire un certain mouvement, généralement à ouvrir ou à fermer une clé télégraphique, et à le

1. Hirsch, dans les *Untersuchungen* de Moleschott, 1869, IX, 183.

Wundt. *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, 4e édit., 1893, II, 322.

Cattell, dans les *Philos. Studien* de Wundt, 1886, III, 1; *Brain*, 1885, VIII, 295; *Mind.*, 1886, XI, 221.

2. Marey. *La méthode graphique*. Paris, 1878, p. 133.

Wundt. *Op. cit.*, II, 338.

Exner. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1873, VII, 601.

Bloch. *Journal de l'anat. et de la physiol.*, 1884, XXI, 1.

Warren (et Bowditch). *Journal of Physiol.*, 1887, VIII, 309.

faire le plus vite possible après avoir reçu une certaine stimulation. Il sait approximativement, mais pas exactement, à quel moment doit avoir lieu la stimulation. Le temps qui s'écoule entre la stimulation physique et le mouvement de la clé est mesuré par le chronoscope.

On a trouvé que le temps de réaction diffère d'après les stimulants. RICHET[1] a calculé récemment les valeurs moyennes des déterminations des principaux auteurs. Ce sont :

Réaction pour le son.	0,150
— un jet de lumière. . .	0,195
— le toucher sur la peau. .	0,145

En stimulant les autres sens, on a ordinairement des réactions plus lentes, du moins plus lentes que celles du son et du toucher. Les valeurs suivantes peuvent être considérées comme des moyennes approximatives.

Sensation de chaleur[2]	0,18
— de froid[2].	0,15
— du goût[3].	0,17
— de l'odorat[4]..	0,5

1. *Dictionnaire de physiologie*, III, 19.

2. GOLDSCHEIDER. *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1887, p. 469.

VON VINTSCHGAU et STEINACH. PFLÜGER'S *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1888, XLIII, 152.

3. VON VINTSCHGAU et HONIGSCHMIED. PFLÜGER'S *Archiv*, 1875, X, 1.

4. MOLDENHAUER, dans les *Philos. Studien* de WUNDT, 1883, I, 606.

BUCCOLA. *Archivio ital. per le malattie nervose*, 1882.

BEAUNIS. *Recherches exp. sur les conditions de l'activité cérébrale*. Paris,. 1884, p. 49.

Les réactions de l'odorat sont extrêmement variables comme rapidité (0.2-0.8 rec.)

Les différences dans les temps de réaction aux différents stimulants sont probablement dues en partie à la rapidité différente avec laquelle les différents organes sensoriels sont éveillés, c'est-à-dire aux différents « temps perdus » des organes sensoriels. Une stimulation appliquée à une portion très sensible de la peau obtient une réponse plus rapidement que si on l'appliquait sur une partie peu sensible. En touchant la pointe de la langue, on a une réaction plus rapide qu'en touchant la base ; de même en touchant plutôt la partie interne des doigts, que la partie externe ou l'avant-bras [1].

La différence de rapidité des différentes réactions est aussi due en partie aux différentes longueurs des nerfs traversés par les impulsions sensorio-motrices et par les différentes vitesses des mouvements réagissants. Pour ces raisons, le pied réagit moins vite que la main, et celle-ci moins vite que les lèvres [2].

Une découverte plus intéressante est que le temps de réaction diffère avec les connexions reflexes entre les organes sensoriels et les muscles. Les réactions instinctives sont plus rapides que les artificielles. Par

1. Von Vintschgau et Honigschmied. *Op. cit.*
Von Vintschgau. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1880, XXII, 87.
Hall et von Kries. *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1879. Suppl. Bd., p. 1.
Dolley et Cattell. *Psychol. Review*, 1894, I, 159.
2. Dolley et Cattell. *Op. cit.*
Angell et Moore. *Psychol. Review*, 1896, III, 245.

exemple, si le stimulant est appliqué à une main, celle-ci réagira plus vite que l'autre. Le pied répond relativement plus vite à la stimulation de la peau de la jambe, qu'à celle de la peau du bras. Les connexions réflexes sont plus directes entre la peau d'un membre et les muscles du même membre[1].

Une partie du temps de réaction est donc employée dans les organes sensoriels, une partie dans les muscles et une partie pour traverser les nerfs sensoriels et moteurs. Si nous pouvions déterminer ces parties et les déduire du temps total, nous aurions comme reste le temps de réaction « central » ou « réduit ». Exner a essayé d'y arriver, mais beaucoup de ses temps déduits étaient estimés *grosso modo*. Il est probable qu'une grande partie du temps total est employée par le processus central. On considère souvent le temps central comme représentant la durée d'un acte mental, ou de deux actes, la perception et la volition. En termes physiologiques, le temps est perdu en traversant les voies nerveuses ; puisque le temps perdu en traversant les fibres nerveuses n'est qu'une faible partie de toute la réaction, la plupart du temps doit être perdue dans les *synapses* : telle est l'opinion de Schäfer[2]. Il croit que la réaction relativement lente de la vue peut être due au nombre relativement grand de synapses, dans la voie des impulsions nerveuses. Il y a deux synapses dans la rétine, et aucun dans l'oreille ou dans la peau.

Suivant cette opinion, une réaction rapide peut différer centralement d'une réaction lente, soit par le

1. Dolley et Cattell. *Op. cit.*
2. *Textbooh of Physiology*, II, 608.

nombre de synapses traversés, soit par leur irritabilité. Les « temps d'association », les « temps de perception » sont longs, à cause du grand nombre de synapses. La pratique peut avoir pour effet d'abréger et de simplifier les voies ; cela semble être le cas au début d'un exercice ; si plus tard le temps de réaction devient de plus en plus court, c'est probablement comme résultat de la nutrition améliorée d'une voie déterminée.

Certaines voies réflexes déterminées ont apparemment peu de synapses. Si l'action de cligner est excitée en stimulant la sensibilité tactile de la conjonctive, elle n'aura que 0,035-0,05 secondes de temps perdu [1]. La voie traversée par ce réflexe est entièrement sous-corticale. D'autres réflexes sont comparativement lentes, ils peuvent être plus lentes que les réactions volontaires [2].

Le temps de réaction varie avec les conditions du système nerveux central. Une drogue qui augmente l'irritabilité des cellules nerveuses, comme le café [3] ou comme la cocaïne [3] à petites doses, abrège le temps de réaction ; un déprimant cérébral, comme la morphine [4], l'allonge. De petites doses d'alcool [3] semblent

1. Mayhew. *Journal of Experimental Medicine*. New-York, 1897, II, 35. — Garten. Pflüger's *Archiv*, 1898, LXXI, 488.

2. Exner. Pflüger's *Archiv*, 1874, VIII, 526. — Cleghorn et Stewart. *American Journal of Physiology*, 1900, III, p. xxi.

3. Dietl et Vintschgau. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1877, XVI, 316. — Kraepelin, dans les *Philos. Studien* de Wundt, 1883, I, 417, 573.

4. U. Mosso. Pflüger's *Archiv*, 1890, XLVII, 585.

l'abréger d'abord, mais ensuite elles l'allongent ; de plus grandes doses[1] ralentissent la réaction tout de suite, mais donnent au sujet la sensation d'une extraordinaire rapidité. L'effet de l'alcool est parfois à peine perceptible[2].

Les expériences sur les temps de réaction ne mesurent pas strictement le temps employé par une réaction volontaire. A moins que la stimulation ne soit attendue, la réaction a beaucoup plus de retard que dans les épreuves habituelles. La *préparation* à la réaction est une partie essentielle des épreuves ordinaires, et c'est plutôt la préparation que le mouvement réel qui représente l'effort volontaire. Cette condition de préparation pour réagir dure pendant peu de temps après chaque effort volontaire, et disparaît ensuite. Si la stimulation arrive dans la période de disparition, la réaction est lente ; si elle arrive lorsque tous les préparatifs ont disparu, la réaction peut manquer, ou bien elle est extrêmement lente, et elle est consciemment le résultat d'une impulsion *de novo*. Ce dernier cas est une réaction vraiment volontaire. D'après les observations d'Exner[3] qui dit que, dans les réactions préparées, le sujet n'est pas maître de sa force ni de son temps exact, on voit qu'elles ne sont pas des mouvements strictement volontaires.

Le processus mental qui intervient entre la sensa-

1. Exner. Pflüger's *Archiv*, 1873, VII, 601.

2. Warren. *Journal of Physiol.*, 1887, VIII, 347 ; Kraepelin, dans les *Philos. Studien* de Wundt, 1883, I, 573.

3. Exner. Pflüger's *Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1873, VII, 615.

Orchansky. *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1889, p. 192.

tion et le mouvement réagissant, est selon James[1] si simple et si fugitif, qu'il est à peine perçu.

Donnée la préparation et le mouvement suit la stimulation involontairement ; il a le caractère d'un réflexe ; mais c'est un réflexe temporaire. La voie nerveuse qu'il suit est ouverte, non pas en vertu de l'hérédité, ou d'un long usage, mais en vertu de la préparation ou de l'attention : c'est l'attention qui maintient les synapses en un état de haute excitabilité.

La préparation à la réaction consiste en une innervation partielle préliminaire, ou sous-excitation, des voies qui doivent être traversées ; cela éveille l'irritabilité des cellules appropriées à la réaction. Nous avons ici un exemple de la « Bahnung » d'Exner, dont nous avons parlé dans un chapitre précédent[2].

Certaines attitudes de l'attention sont plus favorables que d'autres pour assurer les réactions les plus rapides possibles. Certaines personnes réussissent mieux en fixant leur attention sur le mouvement qu'elles doivent faire que sur la stimulation attendue[3]. Wundt a érigé en loi générale cette différence entre ces deux façons de réagir, la « sensorielle » et la « musculaire »[4]. D'autres auteurs ont trouvé un grand nombre d'exceptions[5]. Certaines personnes présentent

1. *Principles of Psychology*, 1890, I, 90.

2. Voir plus haut, p. 235. Cf. aussi Beaunis. *Revue phil.*, 1885, XX, 330.

3. Orschansky. Neurologisches Centralblatt, 1887, VI, 265 ; et *Archiv für (Anat. u.) Physiol.*, 1889, p. 191. — Lange, dans les *Philosophische Studien* de Wundt, 1888, IV, 252.

4. *Grundzüge*, etc., 4e édit., II, 310, 316.

5. Cattell, dans les *Phil. Studien* de Wundt, 1893, VIII, 403.

à peu près le même temps de réaction, leur attention fût-elle fixée sur le mouvement ou sur la stimulation ; chez d'autres, la réaction sensorielle est de beaucoup plus courte. Ces différences individuelles sont probablement en rapport avec les différentes directions habituelles de l'attention dans la réaction : certaines personnes prêtent plus d'attention aux mouvements, d'autres en accordent davantage aux conditions visuelles ou auditives.

L'opinion de Wundt [1], que les réactions musculaires sont des réflexes cérébraux ou temporaires, tandis que les réactions sensorielles entraînent « l'aperception » et la volition, ne peut s'appliquer à ces personnes dont la réaction musculaire est lente, et la réaction sensorielle rapide. Chez une personne qui donne des réactions sensorielles plus rapides, le mouvement semble suivre la stimulation automatiquement. Et de plus, l'exercice peut rendre une direction quelconque de l'attention aisée et habituelle, et réduire ainsi à zéro presque la différence entre les deux sortes de réactions [1]. De quelque côté que soit dirigée l'attention, le processus total central de la préparation renferme toujours une innervation ou sous-excitation préliminaire de la voie nerveuse. Si ces préliminaires qui ouvrent la voie (Bahnung) manquaient, le mouvement qui doit être exécuté ne serait

Flournoy. *Observations sur quelques types de réaction simple*. Genève, 1896.

Baldwin. *Psychol. Review*, 1895, II, 259.

Angell et Moore. *Ibid.*, 1896, III, 245 ; Farrand. *Ibid.*, 1897, IV, 297.

1. Baldwin ; Angell et Moore. *Op. cit.*

pas déterminé, au milieu de tous les autres qui seraient également directs et naturels. Les expériences sur le temps de réaction offre l'un des meilleurs exemples de la sous-excitation volontaire d'une voie réflexe.

Puisque divers individus diffèrent dans leurs temps de réaction, il est facile d'admettre que c'est une bonne épreuve de psychologie individuelle. Il s'agit de savoir si un temps de réaction individuel est une mesure de sa rapidité générale de mouvement. Nous avons encore d'autres épreuves sur la rapidité du mouvement, comme l'épreuve des coups frappés rapidement. Lorsque les mêmes individus sont soumis aux deux épreuves, on trouve que celui qui est lent dans l'une, peut être rapide dans l'autre, ce qui revient à dire que le degré de *corrélation* entre ces deux épreuves est zéro, à peu près. Même entre les temps de réaction des différentes stimulations — visuelle, auditive, tactile — la corrélation n'est pas complète. Entre le temps de réaction et la rapidité du mouvement réagissant, il n'y a qu'un degré assez faible de corrélation. Et d'autres épreuves sur la rapidité montrent encore une faible corrélation, d'après les données statistiques. D'après l'épreuve employée, un individu prend une place différente au milieu des autres individus [1].

1. Voir surtout là-dessous :

Wissler. The Correlation of Mental and Physical Tests. *Psychol. Rev.*, 1901. Monogr. Suppl., n° 16, p. 29, 35, 37, 45-53.

Voir aussi :

Binet et Vaschide. *Année psychol.*, 1897, IV, 151.

Delabarre, Logan et Reed. *Psychol. Rev.*, 1897, IV, 615.

Seashore. *Univ. of Iowa Studies in Psychol.*, 1899, II, 64.

Une *rapidité générale* du mouvement — si cette qualité générale existe — n'est pas découverte par le temps de réaction, ni par l'épreuve des coups frappés ni par d'autres épreuves qu'on a imaginées. L' « équation personnelle » ne représente pas un caractère fondamental de l'individu.

* Lewis (*Psychol. Rev.*, 1897, IV, 113) est presque le seul auteur qui ait remarqué un grand degré de corrélation entre le temps de réaction et la rapidité du mouvement.

CHAPITRE XV

LA PRÉCISION DU MOUVEMENT

On a fait beaucoup d'expériences pour déterminer l'exactitude de la *perception* du mouvement, dans différentes conditions : nous en avons parlé dans la première partie du livre. La question de l'exactitude avec laquelle un mouvement peut être *exécuté,* et de la façon dont on peut obtenir cette exactitude, n'a pas été étudiée par autant d'auteurs. Cependant elle en a tenté quelques-uns.

Les mouvements simples du bras et de la main ont été ordinairement employés pour l'étude de la précision motrice. Les formes de précision qu'on a examinées sont la précision de la longueur ou de l'étendue du mouvement, et la précision du but ou la direction du mouvement.

On a surtout employé deux méthodes : on exigeait par exemple qu'un mouvement ait une certaine longueur, et l'on mesurait les erreurs commises ; ou bien on demandait que le mouvement ait la forme d'un coup visé à un but ou une cible, on mesurait les erreurs, qui dans ce cas représentaient les erreurs de direction.

Nous avons déjà décrit plusieurs formes d'appareils

pour l'étude de l'étendue du mouvement. On les a employées pour rechercher l'exactitude de la perception du mouvement plutôt que l'exactitude de l'exécution du mouvement. Un procédé graphique m'a rendu de grands services[1]. Les mouvements employés dans mon expérience consistaient à tirer des lignes sur un tambour, auquel on imprimait un léger mouvement, et l'on pouvait aussi enregistrer des séries indéfiniment longues de mouvements. Au-dessus du tambour, qui tournait sur un axe horizontal, était placé un pupitre, cachant tout le tambour, excepté une fente, parallèle à l'axe du tambour. Le rebord de cette fente était formé par une bordure métallique, qui guidait la main dans le tracé des lignes.

Les expériences du bouclier diffèrent entre elles, dans la façon d'indiquer les inexactitudes.

L'appareil dont se sont servis beaucoup d'expérimentateurs consiste en une feuille de métal, dans laquelle est percé un petit trou rond, pour qu'on puisse y insérer un stylet en métal. La feuille de métal et le stylet sont en communication avec les pôles d'une pile électrique, de façon à ce que, toutes les fois que le stylet atteint les bords du trou, le circuit soit complet et qu'une sonnette trahisse l'erreur. Au lieu de la sonnette il peut y avoir une pointe, fixée à l'armature d'un électro-aimant, qui inscrive les erreurs sur un tambour en mouvement.

L'enregistrement peut être fait sur la cible elle-même. Chaque essai est enregistré par un crayon

1. The Accuracy of Voluntary Movement. *Psychol. Review*. Monograph Supplement, nº 13, 1899.

tenu à la main, ou par tout autre moyen semblable. Après un certain nombre d'essais, la cible contient son propre enregistrement de l'exactitude avec laquelle les coups ont été portés. Dans l'une des formes de cet appareil, on détermine à l'aide d'un châssis placé au-dessus de la main la distance d'où le coup doit partir.

Une autre variante qui présente certains avantages consiste à tracer comme buts trois points sur une feuille de papier, à distance de 15 centimètres l'un de l'autre et formant ainsi un triangle équilatéral. Le sujet tient un crayon à la main et essaie de le placer d'abord sur l'un des points, ensuite sur le second, puis sur le troisième, et ainsi de suite, tout autour du triangle, en prenant le temps avec un métronone. L'avantage de ces trois points, c'est que la distance d'où le coup doit partir est déterminée, sans aucune distraction, par les 15 centimètres qui les séparent.

La précision individuelle du mouvement est sujette à moins de variations dans cette expérience que dans les autres formes d'épreuves ; c'est donc une excellente épreuve pour la psychologie individuelle.

L'exactitude des mouvements d'un individu est cependant sujette à plus de variabilité que son maximum de rapidité ; et la rapidité, déterminée par exemple, par l'épreuve des coups rapidement frappés, procure une épreuve plus importante pour la psychologie individuelle que l'exactitude [1].

Pour analyser comment sont exécutés les mouve-

1. Bryan. *American Journ. of Psychol.*, 1892, V, 123. — Voir aussi plus haut, p. 341.

ments précis, commençons par voir ce qui arrive lorsque la pointe d'un crayon tenu à la main vient en contact avec une tache très petite, faite sur la table ou sur une feuille de papier.

Nous remarquons d'abord que la distance du point de départ de la main à la tache qu'on a en vue est couverte rapidement, mais que vers la fin le mouvement ralentit et procède avec précaution, en cherchant sa voie, sous la surveillance des yeux, s'approchant de plus en plus de la tache, jusqu'à ce qu'il l'ait rencontrée exactement. Le processus est double : le mouvement est d'abord dirigé presque dans la direction exacte, et cela assez vivement ; ensuite, à ce même mouvement s'ajoutent d'autres mouvements plus petits, pour corriger la visée. La précision ne réside pas tout entière dans une innervation unique ; la première n'est qu'approximativement juste, et elle est corrigée par des innervations secondaires, sous la direction des yeux.

La première innervation, ou la visée, peut être appelée « l'accommodement initial »; les innervations postérieures peuvent être appelées « accommodements postérieurs » ou corrections.

On peut prouver et mesurer l'augmentation de l'exactitude, due aux corrections. On n'a qu'à laisser la main tracer sur une grande feuille de papier le chemin qu'elle prendra pour s'approcher du but ; la direction initiale de la ligne est toujours plus ou moins inexacte ; les corrections faites ensuite modifient la direction. Si l'on prolonge la première partie de la ligne, en suivant le mouvement naturellement courbé du bras, mais en écartant les corrections subsé-

quentes, on trouvera que l'erreur de l'accommodement initial peut être 10 fois aussi grande que l'erreur commise à la fin. On n'obtient donc une grande exactitude qu'à l'aide d'accommodements postérieurs.

On voit (fig. 11) une autre démonstration des ajustements initials et postérieurs. Dans l'expérience où ce tracé a été pris, le mouvement consistait à tracer une ligne le long d'une marge tranchante, sur un tambour en rotation, ainsi que nous l'avons déjà décrit. Ces tracés ont été faits sur un tambour à rotation assez rapide et représentent les changements de vitesse du mouvement. Les courbes marquées par *a* montrent les changements de vitesse d'un mouvement libre, un mouvement dont la longueur n'avait pas été déterminée d'avance. D'un autre côté *d* et *e* devaient avoir une longueur donnée, c'est-à-dire se terminer exactement à une ligne marquée, que l'on voit sur les figures. On accordait le même temps aux deux sortes de mouvements, mais il ressort clairement des figures que l'emploi en était différent. En *a*, la vitesse du mouvement en arrière était presque la même que celle du mouvement en avant, et l'accélération dans le départ est presque en proportion du retard dans l'arrêt. Telle est la courbe de vitesse d'un mouvement qui est déterminé par un seul ajustement, ou une seule innervation [1].

Les vitesses relatives de *d* et *e* sont beaucoup plus compliquées. Le mouvement en arrière est beaucoup plus rapide, parce que la plus grande partie du temps

1. Voir Woodworth. *Psychol. Review*, 1899. Monograph Suppl., nº 13, p. 55.

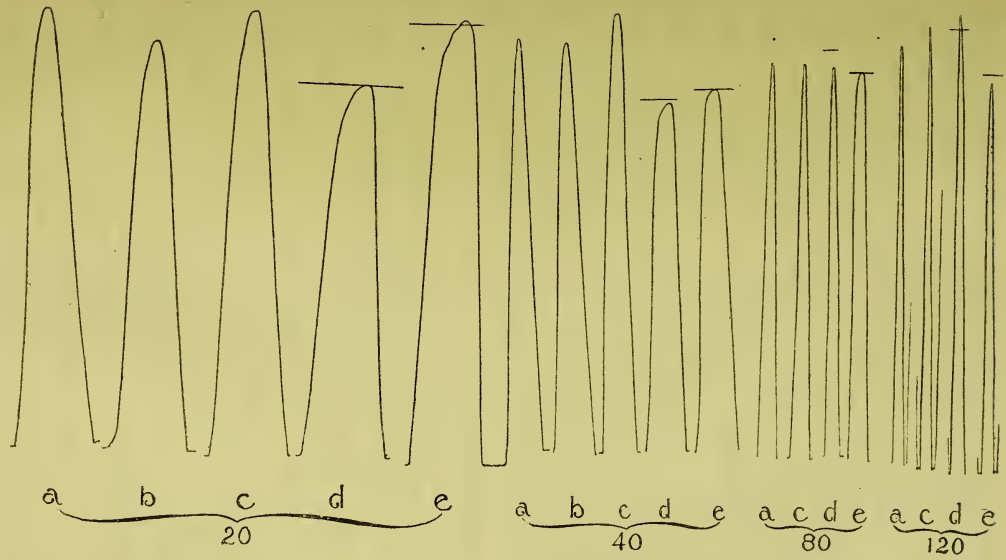

FIG. 11. — Courbes de vitesse des mouvements précis.

accordé a été consommée pour le mouvement vers la ligne. La première partie de ce mouvement est rapide, mais la dernière est très lente. Ce ralentissement provient du contrôle que l'on exerce sur le mouvement, pour le faire terminer exactement à la ligne fixée. En examinant attentivement, nous découvrirons près de cette ligne quelques irrégularités dans les courbes de vitesse : la vitesse peut décroître et ensuite repartir pour un moment, ou bien elle peut s'arrêter subitement. Ces irrégularités trahissent la présence d'innervations postérieures, destinées à corriger le premier ajustement de l'étendue des mouvements et à les rendre plus précis. Parfois ces corrections rendent le mouvement saccadé ; d'autres fois elles sont si légères qu'elles se confondent avec le mouvement principal. Cette dernière forme de correction est plus gracieuse, et probablement celle à laquelle on arrive par la pratique.

L'existence des corrections postérieures, ajoutées à l'ajustement initial, ne se limite pas simplement aux quelques mouvements que nous avons décrits. Lorsqu'on chante, le processus de correction pour atteindre une note est, au début, des plus évidents. Chez les chanteurs consommés, le processus de correction est si léger qu'on a peine à le découvrir.

Plus un mouvement nous est habituel, d'autant plus la force, l'étendue et la direction en sont complètement déterminées par l'ajustement initial, et d'autant moins par des corrections postérieures. Cependant, dans des mouvements aussi usuels que l'accommodation de l'œil, les ajustements postérieurs jouent un grand rôle. C'est probablement l'explication du fait découvert par

Angelucci et Aubert[1], que le temps employé pour qu'un objet arrive dans le foyer, déterminé subjectivement, est beaucoup plus long que le temps occupé par le mouvement visible de la lentille, déterminé par une observation objective du mouvement de l'image phacoscopique. Le mouvement visible de la lentille représente probablement le résultat de l'innervation initiale; le reste du temps d'accommodation est occupé par l'ajustement plus précis de la lentille, en accord avec les sensations visuelles.

En reconnaissant l'ajustement initial et les corrections postérieures comme les moyens qui assurent la précision d'un mouvement, nous serons à même de comprendre l'influence des conditions variées de la précision. Les tracés de la figure 11 donnent un aperçu de plusieurs de ces influences.

D'abord l'augmentation de la vitesse tend à diminuer la précision, car elle rend difficiles les corrections postérieures, et pour les très grandes vitesses, même impossibles. On n'a pas le temps de voir, pendant la durée d'un mouvement rapide, quelles corrections il est nécessaire de faire, et de modifier le mouvement en conséquence. Si la vitesse augmente, la précision dépend de plus en plus de l'ajustement initial. Lorsqu'on accorde pour tout le mouvement, moins de la moitié d'une seconde (dans le cas où le mouvement aurait 1 à 2 décimètres d'étendue), on ne voit dans les courbes aucun signe de corrections postérieures, et la mesure de l'exactitude montre une décroissance correspondante.

1. Pflüger's *Archiv f. die ges. Physiol.*, 1880, XXII, 69.

Un autre facteur contrebalance cependant, en une certaine mesure, l'effet de la vitesse. Supposons qu'une grande rapidité soit nécessitée par le rythme rapide dans lequel sont exécutés une série de mouvements. Un mouvement répété d'une façon rythmique tend à acquérir et à maintenir une certaine uniformité, quand même on ne ferait aucun effort pour y arriver. Et l'uniformité des mouvements répétés augmente, lorsque l'intervalle entre eux diminue. Lorsque les mouvements sont des lignes droites, de 1 à 2 décimètres de longueur, un intervalle de 3 secondes entre eux est moins favorable à la régularité qu'un intervalle de 1,5 secondes ; l'intervalle le plus favorable semble résider dans le voisinage d'une demi-seconde.

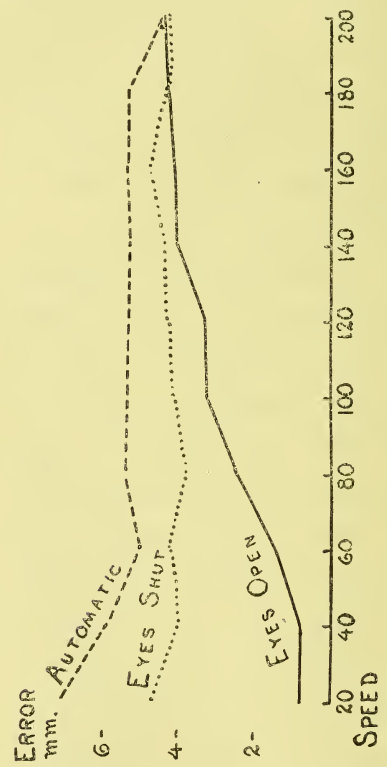

Fig. 12. — Rapports entre la vitesse et la précision d'un mouvement.

Cette régularité automatique des mouvements répétés apparaissant même lorsqu'on n'accorde aucune attention à la précision du mouvement, elle réside indubitablement dans l'innervation initiale des mouvements et n'a rien à voir avec les corrections postérieures. Si donc la vitesse d'un mouvement augmente lorsque les intervalles entre les mouvements successifs diminuent, la vitesse augmentée a pour effet de diminuer la force des corrections postérieures et tend ainsi vers l'inexactitude (voir fig. 12). Les deux influences sont contradictoires. Si l'on a soin de les maintenir séparées en variant la vitesse et l'intervalle, indépendamment l'un de l'autre, le résultat est que lorsque la vitesse seule est changée, la précision diminue avec l'augmentation de la vitesse ; mais lorsqu'on ne modifie que l'intervalle, la précision augmente lorsque l'intervalle est abrégé. Si l'on augmente la vitesse en même temps qu'on diminue l'intervalle, la courbe qui exprime la relation entre la précision et la vitesse est telle que le montre la figure 12 (les yeux ouverts). D'abord la précision décroît rapidement (c'est-à-dire que l'erreur augmente); mais lorsque l'on arrive au point où les corrections postérieures ne sont plus possibles, l'erreur augmente à peine avec une autre augmentation de la vitesse. Si cependant le mouvement est tel que la régularité de l'ajustement initial est impossible, comme lorsqu'on exige que les mouvements successifs ne soient pas identiques, l'augmentation de la vitesse s'effectue d'autant plus au détriment de la précision.

On peut se convaincre de l'importance que joue le

contrôle visuel pour assurer la précision du mouvement en examinant les figures 11 et 12.

Lorsque les yeux sont fermés, il n'y a qu'une légère trace de corrections postérieures. Un mouvement fait sans le secours des yeux, dépend presque exclusivement de l'ajustement initial, et il est comparativement inexact. Les mouvements rapides, qui ne permettent de corrections en aucun cas, ont le même degré d'exactitude lorsque les yeux sont fermés que lorsqu'ils sont ouverts.

Le sens tactile et le sens musculaire sont donc de beaucoup inférieurs à l'œil et à l'oreille, comme guides des mouvements précis. Cependant, un mouvement exécuté avec les yeux fermés, mais avec un effort vers la précision, surpasse un mouvement fait sans aucun effort. Chez certaines personnes, la différence n'est pas grande ; chez d'autres, chez lesquelles la sensibilité musculaire est assez développée pour permettre des corrections postérieures, les mouvements exécutés avec les yeux fermés peuvent être approximativement aussi précis que ceux qui sont exécutés sous le contrôle visuel.

Supposons que le contrôle visuel est effectif; le mouvement dépendrait-il encore à un degré quelconque du sens musculaire ? La réponse est négative, d'après les résultats qu'on a obtenus lorsque les deux sens étaient en conflit l'un avec l'autre. On trouve que la main n'obéit alors qu'à l'œil, et l'on ne retrouve aucune trace de l'influence du sens musculaire. Il est hors de doute que la coordination interne du mouvement dépend encore du sens musculaire; mais l'étendue et la direction du mouvement, et particu-

lièrement les corrections postérieures, dépendent de l'œil. Ce qui précède ne s'applique qu'aux mouvements dans lesquels on recherche une grande précision, comme par exemple lorsqu'on essaie de copier exactement l'écriture de quelqu'un. Au contraire, dans l'écriture ordinaire où l'on ne recherche la précision qu'à un degré moindre, c'est le sens *le moins précis* qui gouverne les détails des mouvements, les yeux ne servant qu'à préserver la main d'erreurs trop grossières dans les espacements, l'alignement, etc. Dans l'écriture ordinaire, l'œil ne suit pas la plume avec minutie pour aller jusqu'à l'extrémité supérieure de l'*l* ou l'extrémité inférieure du *j*; il ne voit l'écriture que d'une façon générale.

Lorsqu'on ne se sert pas des yeux, il reste à savoir si les sensations qui contrôlent l'étendue d'un mouvement sont des sensations de position, de durée ou de force. Cette question ayant été traitée dans un autre chapitre[1], nous avons conclu que le contrôle de l'étendue était basé sur des sensations qu'on ne peut appeler que « sensations d'étendue ».

Un troisième point qui ressort de l'examen de la figure 11 est la supériorité de la main droite dans la précision des mouvements rapides. La raison en est visible dans les courbes. La main gauche est incapable de faire des corrections postérieures avec la même rapidité que la main droite ; d'où il résulterait que l'infériorité de la main gauche pour l'exactitude serait une conséquence de son infériorité pour la vitesse. Et c'est la vérité. Lorsqu'on accorde un temps assez

1. Voir plus haut, p. 152 et suiv.

long pour l'exécution du mouvement, on trouve que la main gauche l'exécute presque aussi bien que la droite : elle dispose du temps nécessaire aux corrections postérieures et peut les faire aussi légères qu'on peut le désirer ; mais elle a besoin de plus de temps que la main droite, et c'est pourquoi elle lui est inférieure en précision aussitôt que la vitesse est augmentée.

En outre, l'ajustement initial de la main gauche est moins exact que celui de la main droite. La régularité des mouvements exécutés sans égard à leur longueur dépend entièrement de la première innervation en vue de l'étendue, et elle est plus grande dans la main droite que dans la gauche.

Il y a aussi une indication dans les expériences, que le sens « musculaire » est plus aiguisé dans la main et le bras droits que dans les gauches, chose que l'on remarque à un assez haut degré chez certaines personnes.

La précision de la main gauche est encore diminuée par le manque d'exercices dans les mouvements délicats qui ont besoin d'être appris.

Les mouvements des différentes parties du corps diffèrent totalement en précision. Si l'on attache une plume au pied et que l'on détermine d'avance les mouvements que l'on en attend, les erreurs commises seront de beaucoup plus grandes que celles de la main gauche. Un mouvement de balancement de tout le corps est de même très inexact. Ces différences dépendent en partie des différents degrés auxquels on est familiarisé avec ces mouvements.

Il est difficile de contrôler minutieusement un

mouvement libre et aisé ; ainsi le balancement de l'avant-bras, qui est un mouvement libre et capable d'une grande vitesse, est plus difficile à contrôler que le mouvement plus laborieux et moins rapide de tout le bras. Le mouvement de l'avant-bras est très exact comme direction, mais inexact comme étendue.

Un mouvement long n'est pas nécessairement plus inexact qu'un mouvement court. Si l'on accorde suffisamment de temps, le mouvement long peut être achevé, aussi exactement qu'un mouvement court, à un point donné ou après une distance donnée. Les corrections postérieures en vue de la précision peuvent s'appliquer tout aussi facilement aux deux sortes de mouvements. Même si l'on n'accorde qu'un temps égal pour tous les deux, de sorte que la rapidité moyenne du mouvement long soit plus grande que celle du mouvement court, le premier peut cependant être presque aussi exact que le dernier. Par conséquent, rien qui approche de la loi de Weber ne se maintient dans l'exécution des mouvements sous le contrôle des yeux. Lorsque les yeux sont fermés, une approximation à la loi de Weber se maintient ; mais alors l'inexactitude est inhérente à la *perception* du mouvement plutôt qu'à son exécution[1].

Le développement des enfants, en ce qui concerne leur précision motrice, a été étudié par Bryan[2]. Entre 6 et 8 ans, le développement de la précision était

1. Voir plus haut, ch. VII, et aussi Woodworth, *op. cit.*, d'où sont tirés les résultats précédents.

2. *American Journ. of Psychol.*, 1892, V, 123.

rapide ; après, jusqu'à 16, plus modérée. Cette courbe est cependant compliquée par la courbe de la pratique, car les mouvements par lesquels on a fait des expériences sur la précision étaient semblables aux mouvements de l'écriture. Par suite, pendant que la main droite montrait l'influence de la pratique, plus marquée entre 6 et 8 ans et plus faible ensuite, la main gauche montrait un progrès plus uniforme de développement. Lorsque les expériences étaient faites avec un mouvement moins sujet à la pratique, Bryan a trouvé que le gain de la main droite était presque uniforme jusque vers l'âge de 12 ans, quoique la main gauche gagnât plus rapidement en précision, entre 6 et 7 ans qu'après. La courbe du développement normal de la précision motrice ne peut donc être considérée comme définitivement établie.

CHAPITRE XVI

LA FATIGUE DU MOUVEMENT

Comme résultat d'un mouvement répété plusieurs fois à de petits intervalles, le mouvement peut être détérioré d'une façon quelconque. Si le mouvement a exercé une grande force, la fatigue en produit une diminution ; si le mouvement a tendu à l'exactitude, celle-ci décroît ; s'il a été fait aussi rapide que possible, la rapidité décroît. Si le mouvement a été fait aussi ferme que possible, cette fermeté décroîtra. En tout cas, la fonction particulière qui a été longuement exercée, est affaiblie pour un certain temps.

En dehors de cette fatigue spéciale, l'activité continue d'une fonction peut produire des symptômes généraux de fatigue dans tout le corps et peut par conséquent affecter aussi d'autres fonctions. Cette fatigue générale, ou fatigue transférée, n'a pas encore été étudiée de façon à pouvoir nous rendre service dans la question qui nous occupe ; c'est pourquoi nous nous limiterons à une fatigue spéciale, c'est-à-dire à la fatigue de la fonction exercée.

Les problèmes les plus élémentaires se rapportent à la rapidité de la fatigue et à l'endroit qui la subit.

Rapidité de la fatigue dans le mouvement volontaire.

Pour mesurer la rapidité de la fatigue, on pense naturellement à la « courbe de fatigue » que l'on obtient en stimulant une fois par seconde un muscle isolé d'une grenouille, jusqu'à ce que toute la force en soit épuisée. Un muscle ne peut fournir plus de cent à deux cents contractions, lorsque la circulation est interrompue. Si la circulation est maintenue, le nombre des contractions augmente indéfiniment.

Comparée à la fatigue d'un muscle isolé et dépourvu de sang, la fatigue de n'importe quel effort volontaire progresse très lentement. Les courbes de fatigue de l'effort volontaire sont obtenues par la répétition du même acte, avec un effort maximal, et sans pause pour le repos.

Fatigue de l'exactitude du mouvement. Le mouvement choisi pour ces expériences ne doit pas exiger une grande force musculaire ; l'effort est exercé seulement pour obtenir la plus grande précision possible dans chaque mouvement.

Le mouvement peut consister à heurter sur une série de buts, l'un après l'autre. Dans cette expérience, les buts consistent dans les petits carrés de « papier réglé [1] ». Les carrés mesurent 5 millimètres

1. Woodworth. *Psychol. Review.* Mon. Suppl., nº 13, 1899, p. 90.

de chaque côté. On calculait l'exactitude en comptant le nombre de coups qui tombaient dans le carré vers lequel on les dirigeait et en comparant ce chiffre avec le nombre de fautes. Le temps était réglé par un métronome frappant deux cents coups à la minute. L'expérience était continuée sans interruption pendant une heure, durant laquelle le sujet exécutait 12 000 mouvements. Pour les premiers mille, 80,6 pour 100 des coups étaient frappés à l'intérieur du carré et 19,4 pour 100 étaient manqués ; dans le dixième mille, le pire de tous, 71,1 pour 100 étaient exacts et dans le dernier mille 74,6 pour 100. Cette légère diminution dans l'exactitude est représentée graphiquement dans la figure 12.

La ligne pointillée de cette figure indique le zéro de la précision qui est déterminée par l'attention. Même si l'on ne prêtait aucune attention à la direction exacte de la main, elle n'en atteignait pas moins parfois le but ; et l'on a trouvé à l'expérience qu'il y a 5 pour 100 de coups justes. La ligne ponctuée est tirée au niveau des 5 pour 100 de coups exacts. C'est de cette ligne que se rapproche la courbe de précision attentive, qui doit l'atteindre, lorsque la fatigue est complète. Dans 12 000 répétitions, la fatigue de l'exactitude ne fait que commencer ; le maximum de fatigue, atteinte dans le dixième millier, n'est que de 13 pour 100 de la fatigue complète.

Des expériences sur la fatigue ont encore été tentées avec d'autres formes de mouvements simples et exacts, et sur plusieurs sujets, avec le même résultat ; *l'exactitude perdue* pendant 1 000 à 6 000 répétitions consécutives du même mouvement était rarement supé-

rieure à 20 pour 100 de l'exactitude montrée par le

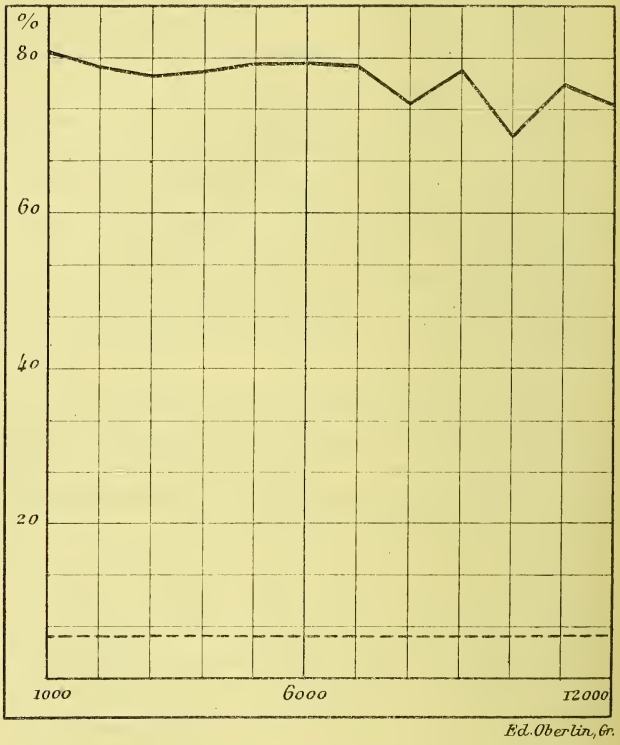

Fig. 13. — La fatigue dans le mouvement volontaire.

sujet non fatigué ; très souvent, la perte était inférieure à 10 pour 100 [1].

Des expériences postérieures m'ont encore prouvé

1. Woodworth. *Op. cit.*

que la même vitesse faible de fatigue apparaît dans les mouvements exacts plus compliqués, comme de faire rouler un cercle avec la main, etc. Bref, le contrôle exact du mouvement est une fonction qui peut être exercée plusieurs fois de suite, avec une très légère altération.

Fatigue de la rapidité du mouvement. Les expériences sur le temps de réaction peuvent être continuées sans beaucoup de fatigue ; cela a été démontré par Cattell[1] qui a trouvé que pendant 15 à 20 heures de réactions presque continues, le simple temps de réaction, ainsi que le « temps de perception » et le « temps d'association » n'étaient chacun que faiblement ralentis. Bettmann[2] enregistre une série de 1 000 « réactions avec choix » exécutées consécutivement pendant près de deux heures ; la moyenne du temps pour les 200 premières réactions étaient 323 σ, et pour les autres groupes de 200, respectivement 328, 336, 355, 349. Patrizi a obtenu des résultats semblables[3]. D'un autre côté, le temps de réaction pour les jets de lumière dans une chambre obscure se ralentit avec la répétition[4] ; mais cette expérience est très fatigante pour les yeux, et la fatigue n'est pas simplement la fatigue de la rapidité de la réaction. La même chose est vraie pour le temps d'accommodation[5].

1. Wundt's *Philosophische Studien*, 1886, III, 489.
2. Kraepelin's *Psychologische Arbeiten*, 1896, I, 156.
3. *Arch. ital. de biol.*, 1894, XXII, 189.
4. Scripture and von Tobel. *Studies from the Yale Psychol. Lab.*, 1896, IV, 15.
5. Moore. *Ibid.*, 1895, III, 87.

La fatigue des mouvements rapidement répétés, comme ceux que l'on fait en frappant de petits coups, survient à une vitesse modérée. Bryan a trouvé[1] un ralentissement perceptible après 10 à 15 secondes ; après 10 à 15 minutes, le ralentissement est considérable, et si l'expérience était continuée au delà, la proportion continue à diminuer légèrement. Dans les mouvements rapidement alternants des doigts, comme dans l'écriture, j'ai remarqué une perte de 20 pour 100 de la rapidité originelle, après 1 000 mouvements doubles. L'un des sujets de Bryan continuait à frapper de petits coups, jusqu'à ce que la main fût momentanément paralysée ; il fallait 3 heures pour arriver à cette fatigue extrême, et pendant ce temps le nombre total des coups frappés atteignait probablement 50 000.

La fatigue des mouvements rapidement alternants est accompagnée de sensations très douloureuses dans les jointures employées, et parfois aussi dans les muscles.

On a trouvé que dans ces sortes d'expériences, la susceptibilité à la fatigue diminue, pendant le progrès de la pratique[2], et pendant la croissance des enfants[3].

Fatigue de la force du mouvement.

C'est Mosso qui, en employant l'*ergographe*, a

1. *American Journ. of Psychol.*, 1892, V, 148.
2. Moore. *Studies from the Yale Psychol. Lab.*, 1895, III, 93.
3. Gilbert. *Ibid.*, 1894, II, 66.

obtenu la courbe classique de la fatigue, pour la force des contractions musculaires volontaires[1]. Un poids de 3 à 5 kilogrammes était soulevé de dessus un support par le flexion du doigt médian, jusqu'à la plus grande hauteur possible. Les poids étaient soulevés à intervalles répétés de 1 à 2 secondes ; les hauteurs étaient enregistrées sur un tambour. La hauteur déclinait rapidement, jusqu'à ce que, après 100 contractions, ou après 50 ou même après 25, le poids ne pouvait plus être soulevé de dessus le support. La force musculaire volontaire semblait en apparence totalement disparue, complètement fatiguée par ces quelques efforts.

Ce résultat est en contraste avec la rapidité de fatigue dans d'autres genres de mouvements. Il y a des milliers de mouvements que l'on peut faire, avec une légère diminution dans la vitesse ou l'exactitude ; mais quelques vingtaines d'efforts maximals suffisent pour paralyser momentanément la fonction des contractions volontaires énergiques.

Mais ce résultat est entaché d'erreur : ce n'est pas la force de contraction qui est détruite par ces quelques contractions ; ce qui est perdu, c'est la force de soulever un poids aussi lourd. Si l'on change le poids et qu'on en prenne un de 4 kilogrammes au lieu de 5, le muscle peut immédiatement le soulever encore à une bonne hauteur. Le muscle peut garder 4/5 de sa force originale, quoique la courbe de fatigue semble prouver qu'elle est épuisée, ou que la partie

1. *Archiv für (Anat. u.) Physiol.*, 1890, p. 89. — *Arch. ital. de biol.*, 1890, XIII, 123.

du système nerveux concerné par l'innervation est épuisée.

La correction nécessaire à la courbe de fatigue de Mosso s'est faite en partie dans le laboratoire même de Mosso. En examinant le sujet soumis au travail musculaire volontaire, Treves [1] a trouvé que si l'on allège le poids, lorsque la hauteur à laquelle il est soulevé commence à diminuer, on atteint pendant un certain temps la première hauteur; lorsqu'elle recommence à décliner, on allège le poids à nouveau et l'on arrive encore à la même hauteur. Lorsqu'une certaine portion du poids original est enlevée, la hauteur cesse de décliner et peut pendant plusieurs heures se maintenir au même niveau. Mesurée d'après le poids qui peut être soulevé à une hauteur presque constante, la force du mouvement montre au début une décroissance rapide, après laquelle suit un niveau prolongé d'uniformité.

La véritable forme de la courbe de fatigue est obtenue plus facilement et plus délicatement en subtituant au poids un ressort dans l'ergographe. Des ergographes à ressort ont été inventés par Cattell [2] et par Binet et Vaschide [3]. Le ressort rigide avait depuis longtemps été introduit par Fick [4] pour l'étude des contractions du muscle humain, dans des condi-

1. *Arch. ital. de biol.*, 1898, XXIX, 157 et XXX, 1; et aussi Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1899, LXXVIII, 163.

2. *Science*. New-York, 1897, V, 909; et aussi *Psychol. Rev.*, 1898, V, 151.

3. *Année psychol.*, 1898, IV, 253.

4. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1887, XLI, 176.

tions « isométriques ». Dans une contraction isométrique, comme le muscle n'est pas en état de se raccourcir, on mesure moins le travail du muscle que sa force d'engendrer de la tension. Récemment Franz[1] a proposé la méthode isométrique pour l'étude de la fatigue, pour la raison que les conditions mécaniques sous lesquelles agit le muscle ne sont pas altérées pendant l'expérience. Franz a prouvé aussi que la courbe de fatigue diffère suivant la rigidité du ressort contre lequel agit le muscle; la plus grande somme de travail est atteinte lorsque le ressort est d'une rigidité moyenne.

Le principal avantage de l'ergographe à ressort dans l'étude de la fatigue est qu'il enregistre toute contraction, quelque faible qu'elle soit. Il n'est plus nécessaire donc de modifier les poids, comme le fait Treves à mesure que la fatigue augmente.

Par l'emploi de l'ergographe à ressort, plusieurs expérimentateurs ont obtenu des résultats concordants, et ce qui est indubitable, ils ont donné de grandes approximations à la véritable courbe de fatigue. Cette courbe diffère totalement de celle de Mosso, tandis qu'elle concorde avec celle de Treves.

Ainsi Schenck[2] travaillant avec le muscle abducteur de l'index contre un ressort dur, a fait un effort maximal toutes les deux secondes, pendant plus d'une heure. La force de contraction diminuait plutôt rapidement pendant les premières cinq minutes, et plus

1. *American Journ. of Physiol.*, 1900, VII, 348.
2. Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1900, LXXXII, 390.

lentement pendant les huit minutes suivantes ; après quoi elle augmentait quelque peu et restait ensuite presque constante, avec 60 pour 100 de la force originelle pendant le reste de l'heure. Schenck trouve, comme la plus régulière courbe de fatigue, que le décroissement est relativement rapide pendant les premières 100 à 200 contractions ; après cela, les différentes expériences varient quelque peu ; parfois la force continue à décroître légèrement, d'autres fois elle reste presque constante, et parfois elle augmente. La courbe de Mosso ne représente que la première phase de la courbe complète de fatigue, et dans cette phase, elle exagère beaucoup l'effet de la fatigue.

Hough[1] a, indépendamment du travail de Schenck, obtenu presque en même temps les mêmes résultats. Il a fait ses expériences avec un ressort plus doux que celui de Schenck ; il a employé les flexeurs longs du doigt médian, réduisant ainsi au minimum le facteur de coordination. Son procédé est peut-être le meilleur qui ait été employé, et il a ajouté plusieurs faits nouveaux à nos connaissances sur la courbe de la fatigue.

La diminution initiale de la force varie aussi bien en total qu'en rapidité. Parfois il faut quinze minutes (450 contractions) avant d'arriver au « niveau de fatigue », d'autres fois, il est atteint au bout des deux premières minutes. Le niveau de fatigue varie dans les différentes expériences, même chez un sujet bien entraîné ; il peut se trouver à 60 pour 100 de la force initiale ou à 85 pour 100 ; dans les expériences

1. *American Journ. of Physiol.*, 1901, V, 240.

de Hough, il se trouve ordinairement entre 70 à 80 pour 100. L'entraînement élève le niveau de la fatigue ; l'entraînement empêche aussi le sujet d'avoir mal aux doigts et aux muscles, mal qui, chez les commençants, est un facteur de trouble, qui amène parfois un arrêt brusque de l'expérience, tandis que la force de contraction est encore considérable.

La courbe de la fatigue est une base incertaine pour les études comparatives des effets des drogues, des conditions mentales, etc., à cause de la grande variabilité des contractions individuelles — et donc du niveau de fatigue — obtenues à différents jours, du même muscle, et sous des conditions externes et subjectives, identiques en apparence [1]. Les études comparatives sont très nombreuses [2], mais les résultats en sont sujets à caution, d'abord pour la raison indiquée ci-dessus, et ensuite, parce qu'elles ont été faites suivant la méthode incomplète de Mosso. L'étude ergographique n'est donc qu'en enfance.

La véritable courbe de fatigue pour la force du mouvement est, par conséquent, telle que la figure 14 la représente. Dans l'expérience qui a fourni ce tracé,

1. Franz et Hough. *Op. cit.*

2. A. Mosso. *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1890, p. 129.
Lombard. *American Journ. of Psychol.*, 1890, III, 24. — *Journ. of Physiol.*, 1892, XIII, 1 et 1893, XIV, 97. — *Arch. ital. de biol.*, 1890, XIII, 371.
U. Mosso. *Ibid.*, 1893, XIX, 241.
Rossi. *Ibid.*, 1895, XXIII, 49.
Hoch et Kraepelin. Kraepelin's *Arbeiten*, 1896, I, 378.
Scheffer. *Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 1900, XLIV, 24.

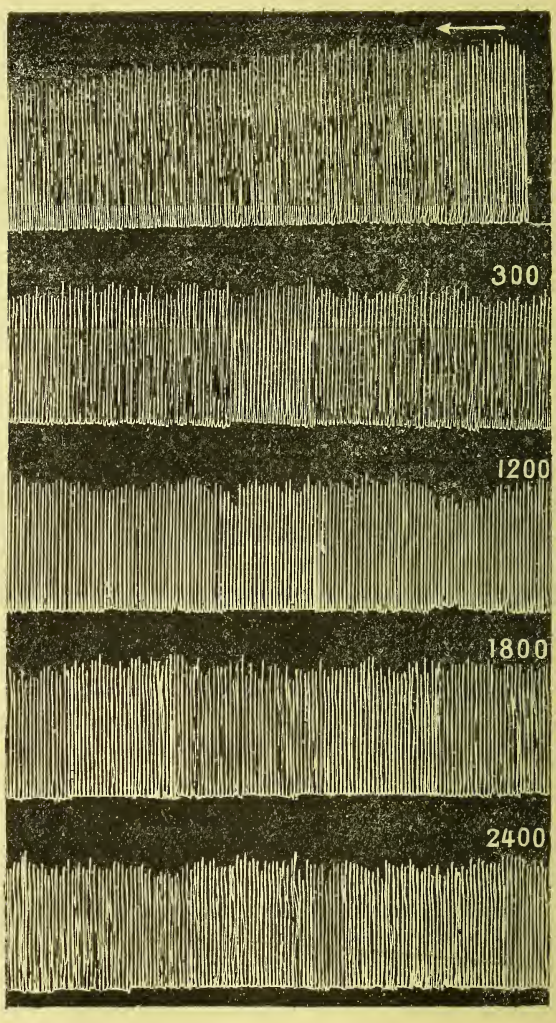

Fig. 14. — Courbe de fatigue.

l'effort maximal s'est produit toutes les deux secondes et l'expérience continuée pendant une heure et demie. Le mouvement consistait dans la flexion de l'index contre un ressort ; le sujet de l'expérience avait eu auparavant une grande pratique dans les travaux ergographiques, mais n'avait plus fait qu'une ou deux expériences pendant les neuf mois précédents. Au début, la force exercée était d'environ $6^{kgr},5$; à la fin de la première centaine de contractions, elle tombait à $5^{kgr},5$; après 300 contractions elle était de 5 kilogrammes ; après 500 contractions elle descendait à $4^{kgr},5$ et demeurait à ce niveau jusqu'à la fin (les légères variations qui se produisaient près de 1 200 étaient dues à la distraction). Le niveau de fatigue était ici d'environ 70 pour 100 de la force initiale [1].

Le progrès de fatigue reproduit dans ce tracé, comme dans les tracés de Schenk et de Hough est plus rapide que celui qu'on a obtenu dans les conditions les plus favorables. Une précaution très simple retarde la fatigue. Ordinairement, et surtout chez les sujets peu habitués au travail ergographique, les muscles ne se relâchent pas complètement entre les contractions successives ; un certain degré de contraction persiste pendant la durée de l'expérience ; cette contracture ne serait-elle pas une cause contributive de fatigue, et en l'évitant, la fatigue ne pourrait-elle être diminuée ?

1. Il faut remarquer que le *travail externe fourni* contre un ressort diminue en proportion du quart de la force exercée ; le niveau du travail était par conséquent environ 50 pour 100 du travail initial.

Pour répondre à cette question, j'ai essayé l'effet du relâchement attentif entre les contractions, et j'ai même essayé de contracter les muscles opposés, qui dans mes expériences étaient les extenseurs de l'index. En employant l'ergographe de CATTELL, l'index peut être écarté de l'appareil entre les deux contractions et la main peut être tendue sans que cela détruise les conditions de l'expérience. Le résultat était remarquable ; la force de contraction a augmenté immédiatement, et les sensations de fatigue ont été beaucoup moins douloureuses. Si *dès le début* on assurait le relâchement complet entre chaque deux contractions, la vitesse de la fatigue était affaiblie de beaucoup. Dans une série de 1 350 contractions continuées pendant 45 minutes, la force

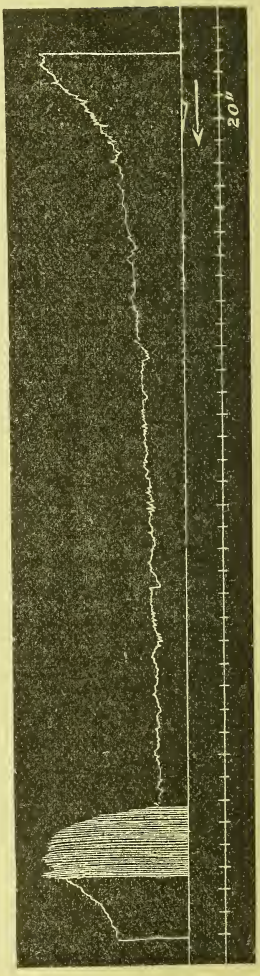

FIG. 15. — Fatigue de la contraction soutenue.

moyenne de la dernière centaine était de 92 pour 100 de la force de la première centaine.

L'effet fatigant de la contracture arrive au maximum dans la *contraction soutenue*. La courbe de fatigue montre, dans ce cas, un écart relativement rapide, par rapport au début, et un « niveau de fatigue », relativement bas. Quelque chose qui approche du niveau est cependant établi et peut être maintenu pendant au moins 10 à 15 minutes. Le niveau varie dans les différentes expériences ; il se trouve à 1/3 ou 1/6 de la force initiale[1]. Il est difficile de continuer l'expérience à cause des sensations de douleur des doigts. Après 15 minutes de contraction soutenue, le doigt demeure contracté, et il faut un effort spécial des muscles extenseurs pour le délivrer de sa crampe.

Cet effet de la contracture peut être évité par une série alternante de contractions et de relâchements ; cette série, suivant immédiatement après une contraction soutenue, fait recouvrer graduellement la force musculaire presque en entier[2], et d'une façon plus complète même que si on laissait les muscles reposer pendant le même laps de temps. Cela montre clairement que la cause de la fatigue rapide produite par la contraction soutenue ne réside pas tant dans la quantité d'énergie dépensée que dans le haut degré de contracture. Un des effets de la contracture est probablement d'empêcher le flux du sang, tandis qu'au contraire, la contraction et le relâ-

1. Schenck, Franz, Hough. *Op. cit.*
2. Hough. *Op. cit.*

chement agissent comme une pompe et accélèrent le flux veineux [1].

Localisation de la fatigue motrice

Nous venons de voir que la rapidité de fatigue varie avec le travail des muscles. Dans les expériences sur l'exactitude du mouvement, on en appelle peu à l'énergie musculaire et la fatigue est très légère. Dans les mouvements rapidement répétés, et dans les expériences ergographiques, les muscles sont fortement contractés, et la fatigue est plus rapide ; cela suggère l'hypothèse que la fatigue du mouvement volontaire est d'origine musculaire.

Dans les mouvements exacts, les muscles dont le travail est le plus pénible sont les muscles des yeux qui doivent viser constamment ; lorsque l'expérience est prolongée, les yeux se sentent fatigués ; il en est de même des muscles de la nuque à cause de la position nécessairement rigide, lorsque les yeux se fixent sur le même point. C'est pourquoi on peut attribuer une partie du manque d'exactitude, dans les expériences prolongées, à la fatigue des muscles des yeux et de la nuque.

Dans l'expérience des petits coups à frapper on observe aussi une forte contraction. Les muscles antagonistes se contractent simultanément, chose nécessaire à l'arrêt prompt de chaque mouvement et à la substitution immédiate du mouvement contraire.

1. Comparez l'effet du massage, pour affaiblir la fatigue. — Maggiora. *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1890, p. 325,

Le résultat est une contracture et une sensation de crampe. La perte de la rapidité, dans les expériences prolongées, est due, en partie au moins, à la contracture.

On attribue aux muscles la fatigue de la force du mouvement comme une chose presque naturelle ; nous devons cependant mentionner une hypothèse contraire et acceptée par beaucoup de savants. Depuis les premières expériences de Mosso[1], on a cru que la fatigue provenant du travail ergographique était d'origine centrale ; on a cru que les centres nerveux se fatiguaient plus rapidement que les muscles ; on a admis aussi que la fatigue rapide des cellules nerveuses (ou synapses) avait une fonction protectrice. On s'est imaginé que, pareils à la fusée d'un circuit électrique, les centres nerveux brûlaient rapidement, protégeant ainsi les muscles contre un travail excessif et contre les lésions.

Les déductions de Mosso lui-même ne vont pas aussi loin. Il déclare[2] considérer le tracé ergographique comme le représentant de la fatigue musculaire, et par ses expériences au « ponomètre[3] » il est arrivé à l'évidence que l'innervation se raffermit plutôt qu'elle ne faiblit pendant la marche de la fatigue, fait incompatible avec la doctrine de la fatigue centrale.

et *Archives ital. de biol.*, 1890, XIII, 231. Voir aussi : Burton-Opitz. Muscular Contraction and the Venous Blood Flow. *American Journ. of Physiol.*, 1903, IX, 175.

1. *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1890, p. 89 et *Archives ital. de biol.*, 1890, XIII, 123.

2. *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1890, p. 110, 118.

3. *Ibid.*, p. 123.

Mosso a fait cependant d'autres expériences [1], qui semblent prouver la *participation* des centres nerveux à la fatigue ergogaphique. Il s'est trouvé d'autres savants qui ont poussé sa théorie jusqu'aux extrêmes que nous venons de citer.

L'évidence expérimentale en faveur de la théorie [2] que les centres nerveux succombent plus facilement sous la fatigue que les muscles, repose sur *un* fait. Lorsque la hauteur de l'élévation ergographique volontaire était tombée à zéro, on pouvait obtenir d'autres mouvements d'élévation par des stimulations électriques appliquées au nerf moteur ou aux muscles. Chez un sujet non fatigué, l'innervation volontaire était plus efficace que l'électricité ; après la fatigue, elle était moins efficace. Il est clair que le muscle n'était pas fatigué au point indiqué par le résultat de l'effort volontaire ; une partie centrale quelconque du mécanisme moteur a apparemment cédé avant le muscle.

On a varié cette expérience de différentes façons. Après que l'effort volontaire eut réduit la hauteur de l'élévation à zéro, et après qu'une série de stimulations électriques eut produit une autre série décroissante de hauteurs, on essaya à nouveau de l'effort volontaire et on le trouva plus efficace que l'électricité. Apparemment, les centres nerveux, s'étant reposés pendant la période de stimulation électrique, étaient partiellement revenus de leur fatigue. Ainsi, après une courbe de fatigue obtenue par des stimulants électriques, on a trouvé que le muscle a recou-

1. *Ibid.*, p. 123.
2. Mosso. *Op. cit.*

vré sa force pendant la série suivante de contractions volontaires ; apparemment, la diminution de l'innervation volontaire a rendu le muscle capable de se reposer. De même [1], si les efforts volontaires et les stimulations électriques alternaient pendant la durée de l'expérience, on a trouvé que la fatigue des deux sortes de contractions suit des courbes indépendantes et dissemblables : les contractions excitées par l'électricité suivent une ligne de descente légère et régulière, tandis que les contractions volontaires donnent des lignes irrégulières où l'absence presque totale d'élévation est suivie de périodes où elle est considérablement recouvrée.

Des faits pareils à ceux que Mosso et ses élèves ont obtenus avec des sujets humains ont été observés par Waller [2], qui a stimulé à l'aide de l'électricité le système moteur de la grenouille. Il a obtenu une courbe de fatigue du muscle *gastrocnemius* de la grenouille en excitant la moelle épinière par l'électricité ; lorsque la fatigue s'était suffisamment manifestée, il changea le point de stimulation dans le nerf sciatique et trouva une augmentation immédiate de l'élévation. Il continua à stimuler le nerf sciatique jusqu'à ce que les contractions fussent de nouveau faibles et changea encore une fois le point de stimulation, sur le muscle même cette fois-ci, et obtint de nouveau des contractions fortes. Il en conclut que la fatigue de la contraction excitée dans un centre

1. Lombard. *Journal of Physiol.*, 1892, XIII, 1.
2. *British Med. Journ.*, 1885 (II), 135 et 1886 (II), 101. — Voir aussi *Brain*, 1891, XIV.

était distribuée à travers le système moteur ; qu'elle était le plus rapide dans les centres, ensuite dans les plaques motrices terminales, et ensuite dans les muscles ; car les fibres nerveuses, ainsi que l'on sait, ne donnent aucun signe de fatigue comme résultat des impulsions nerveuses qu'elles laissent passer sans cesse.

Les résultats de Mosso et de Waller semblèrent concluants et la prédominance des centres dans la fatigue du mouvement volontaire demeura une doctrine admise. Le progrès de fatigue étant représenté par la courbe de Mosso, la théorie suivant laquelle les centres nerveux se fatiguent d'une façon rapide fut en vogue. On trouve fréquemment dans les monographies et les livres des expressions comme « paralysie complète des centres moteurs », comme résultat de 50 à 100 contractions maximales, et elles y ont passé sans provoquer de contradictions. Il est assez étrange que les modifications histologiques provoquées, ainsi qu'il a été démontré, dans les cellules nerveuses par une activité prolongée — changement d'aspect du corps de la cellule et du nucléé et désintégration partielle des corps chromatiques de Nissl — aient été considérées comme venant à l'appui de la doctrine de la fatigue centrale rapide. Considérées attentivement, ces observations prouvent que les cellules nerveuses se fatiguent très lentement, car il faut avoir recours à une activité extrême et prolongée, pour que les modifications histologiques fussent visibles. Ces modifications n'indiquent d'ailleurs pas une paralysie fonctionnelle, car la capacité fonctionnelle peut encore exister à un haut degré dans les cellules qui montrent des lésions extrêmes de la

substance chromatique[1]. Maintenant qu'à la courbe défectueuse de l'ergographe à poids, on a substitué la véritable courbe du travail ergographique, ainsi qu'elle est fournie par le procédé de Treves ou par l'ergographe à ressort, la doctrine de la fatigue centrale rapide a perdu son unique point d'appui. Les centres nerveux, fussent-ils sollicités à exécuter des mouvements de force, de rapidité ou d'exactitude, peuvent répéter le même acte un nombre de fois considérable sans être atteints de paralysie fonctionnelle.

Il s'agit maintenant de savoir si le degré de fatigue manifesté dans la véritable courbe ergographique est d'origine centrale, d'origine périphérique ou d'origine centrale et périphérique en même temps. L'argument de Waller a été repris par Joteyko[2]. Lorsque la moelle épinière de la grenouille est exposée et stimulée électriquement, elle n'est pas simplement sujette aux effets fatigants de sa propre activité, mais aussi à l'anémie et à des lésions mécaniques; c'est à ces dernières plutôt qu'à sa propre activité qu'est due la perte rapide de la fonction.

Cette objection ne peut certes s'appliquer aux expériences de Mosso sur les sujets humains; mais l'interprétation donnée par Mosso à ces résultats n'est pas la seule possible. Il est un fait remarqué par Mosso et dont il faut tenir compte lorsqu'on

1. Goldscheider et Flateau. *Fortschritte der Med.*, 1897, XV, 241. — Déjerine. *Société de biol.*, 1897, p. 728. — Ewing. *Archives of Neurol. and Psychopathol.* New-York, 1898, I, 157.

2. *Annales de la Société royale des Sciences méd. et naturelles de Bruxelles*, 1899, VIII, fasc. 4.

apprécie ses résultats. La stimulation électrique non seulement fait soulever un poids après que l'effort volontaire est devenu incapable de le faire, mais l'inverse est aussi exact. Si le muscle était d'abord épuisé en apparence par la stimulation électrique, l'effort pouvait ensuite produire de fortes élévations. Les résultats de Waller peuvent aussi être renversés : après que le muscle d'une grenouille a été épuisé en apparence, par stimulation directe, et qu'on transporte les électrodes sur le nerf moteur, ou sur la moelle, ou sur un nerf sensoriel quelconque, on peut de nouveau obtenir des contractions [1]. Ces résultats indiquent qu'un muscle peut ne pas être irrité par des stimulants d'une nature quelconque ou provenant d'une source, mais qu'il peut cependant répondre à d'autres stimulants. Hough [2] croit que différents stimulants peuvent affecter différentes fibres nerveuses et par conséquent différentes fibres musculaires. Il n'est guère probable qu'en stimulant un nerf par l'électricité appliquée sur la peau, que toutes les fibres nerveuses soient également excitées. Certaines parties du muscle peuvent être en repos pendant que d'autres se contractent ; et si l'on modifie le point d'application du stimulant, en mettant en jeu de nouvelles

1. Ce résultat n'a pas encore été publié. Le renouvellement de la contraction que l'on obtient en transportant le point de stimulation en remontant le long du système nerveux, n'est pas aussi marqué que lorsqu'on le transporte en descendant, mais il est parfois évident. Il est aussi possible d'obtenir ce renouvellement en portant les électrodes d'un point à un autre du muscle ou de la moelle.

2. *American Journal of Physiol.*, 1901, V, 263.

parties du muscle, la force de contraction en sera augmentée. La même conception peut probablement s'appliquer à la stimulation volontaire. Il est possible que seulement l'impulsion volontaire la plus intense — comme celle qui serait produite par la stimulation de la nécessité réelle et non pas par l'effort maximal ainsi nommé des expériences ergographiques, — soit capable de déterminer *toutes* les fibres d'un muscle à exercer leur force. Pendant la contraction volontaire des expériences, certaines fibres peuvent être partiellement au repos, mais une stimulation électrique les stimulerait probablement et produirait une augmentation de la force totale des muscles. Telle est du moins l'interprétation possible des résultats de Mosso et de Waller. D'autres interprétations sont encore possibles[1] ; les résultats ne sont pas suffisamment clairs pour prouver l'origine centrale de la fatigue motrice.

Joteyko[2] a montré jusqu'à l'évidence que la moelle épinière se fatiguait plus lentement que l'appareil moteur périphérique. Elle a appliqué la stimulation électrique au nerf sciatique non coupé d'une grenouille, de façon à obtenir une courbe de fatigue du muscle *gastro-cnemius* de la même patte (excitée par son nerf moteur), et une autre du muscle correspondant de l'autre patte (excitée d'une façon réflexe par la moelle épinière). Elle a empêché que l'excitation réflexe ne produise de contraction musculaire, en rendant non conductive une portion du nerf sciatique de l'autre patte, par la galvanisation ou l'application

1. Treves. *Archives ital. de biol.*, 1898, XXX, 16
2. *Op. cit.* et aussi *C. R. Soc. de biol.*, 1899, p. 484.

locale de l'éther sur le nerf. Après que le muscle excité par son propre nerf moteur eût été épuisé, elle écarta la galvanisation ou l'éther et obtint une forte contraction dans l'autre patte. Il est évident que la moelle épinière, quoiqu'elle fût excitée d'une façon réflexe pendant une période qui aurait suffi à épuiser l'appareil moteur périphérique, n'était cependant pas épuisée. L'appareil périphérique se fatigue beaucoup plus vite que la moelle épinière ; on ne peut donc lui attribuer qu'une légère partie de la fatigue du mouvement.

La méthode la plus directe et la plus démonstrative pour la localisation de l'origine de la fatigue motrice a échappé apparemment à l'observation des auteurs. Il en est beaucoup qui ont fixé leur attention sur la forme comparative des courbes de fatigue, obtenues par l'effort volontaire et par la stimulation électrique, et ont pensé à déduire par comparaison certaines différences entre la fatigue centrale et la fatigue musculaire ; mais la comparaison la plus importante est entre les *vitesses de fatigue,* dans les deux cas. Il est clair[1] que si les centres nerveux se fatiguent plus vite que l'appareil périphérique, la courbe de fatigue de la contraction volontaire montrera une perte plus rapide de force que la courbe de fatigue obtenue par l'excitation électrique du muscle ou du nerf. Et de plus, si les centres contribuent *d'une façon appréciable* à la fatigue motrice totale, la courbe

1. Woodworth. *Amer. Journ. of Physiol.*, 1901, V, p. IV et *New-York University Bulletin of the Med. Sciences*, 1901, I, 133.

des contractions volontaires descendra plus vite que la courbe des contractions excitées par l'électricité. Car non seulement les muscles s'affaibliront, mais l'innervation s'affaiblira aussi.

J'ai obtenu, en poursuivant cette idée, des courbes de fatigue des deux façons, et j'ai été surpris de ne pas trouver de différences appréciables dans la rapidité de la fatigue. J'ai obtenu aussi des courbes simultanées de fatigue des deux *gastro-nemii* d'une grenouille, dont l'un était stimulé par son nerf moteur, et l'autre d'une façon réflexe par un nerf sensoriel, et de nouveau je ne trouvai pas de différence dans la rapidité de la fatigue. J'en conclus que *les centres nerveux ne contribuent pas d'une façon appréciable à la fatigue motrice totale*. La fatigue des performances motrices bien entraînées semble n'être qu'une pure affaire périphérique.

Cette conclusion est fortifiée par d'autres exemples déjà mentionnés. Toute performance motrice qui exige un grand effort central, mais une énergie musculaire faible — comme par exemple l'exécution d'un mouvement exact — peut être répétée des centaines de fois avec une apparence minime de fatigue. Et tout ce qui empêche la fatigue périphérique diminue la fatigue totale d'une façon remarquable.

Treves a exprimé une opinion semblable[1] fondée sur la forme de sa courbe de fatigue. Cette figure correspond, dit-il, à l'économie probable du muscle. Quand il est reposé, il a une réserve d'énergie; c'est

1. *Archives ital. de biol.*, 1898, XXX, 15. — Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1899, LXXVIII, 163.

pourquoi ses premières contractions sont fortes. Lorsque la réserve d'énergie est consumée, la force de contraction diminue, jusqu'à ce qu'on arrive à un équilibre entre l'énergie consumée dans chaque contraction et celle que fournit en même temps le sang ou la décomposition préliminaire des matières nutritives du muscle.

La courbe de fatigue de la contraction soutenue représente, au contraire, selon Treves, la fatigue centrale. Cette opinion est contredite par le fait que la fatigue rapide de la contraction soutenue est due simplement à la contracture[1], et aussi par le fait que la rapidité de fatigue du tétanos volontaire n'est pas plus rapide que celle du tétanos du même muscle, provoqué par l'électricité.

On a imaginé encore d'autres stratagèmes pour essayer de démontrer que la fatigue motrice est d'origine centrale. Hoch et Kræpelin[2] croient que la hauteur des contractions est une fonction de la condition musculaire, tandis que le nombre des contractions (ou plutôt la vitesse de fatigue dans la première partie de la courbe) est une fonction des conditions centrales. Joteyko[3] a adopté cette distinction et a essayé de déterminer, en l'employant, la vitesse de la fatigue centrale. Si l'on prenait un second

1. Voir plus haut, p. 383.

2. Kraepelin's *Psychologische Arbeiten*, 1896, I, 378.

3. *Archives de biol.* Liège, 1900, XVI, 508. — *Année psychol.*, 1900, VII, 165 ; voir la critique de Aars et Larguier des Bancels. *Ibid.*, p. 187.

tracé ergographique (avec l'ergographe de Mosso) quelques minutes après le premier, les quelques premières hauteurs peuvent atteindre à la hauteur originale, mais la perte de la force est plus rapide que dans le premier tracé. Cette différence dans la rapidité de la fatigue représenterait, selon Joteyko, la quantité de la fatigue centrale. Mais cette théorie est contredite par le fait qu'on obtient exactement le même résultat avec le muscle isolé d'une grenouille [1].

Joteyko a encore essayé d'une expérience dynamométrique avec la main gauche, avant et après une expérience avec la main droite, pour tâcher d'évaluer la fatigue centrale [2]. Parmi les 9 sujets soumis à l'expérience, 7 ont montré une perte de force dans la main gauche, comme résultat de la fatigue dans la main droite. La perte moyenne de ces sujets était de 1/5 de la force originale et la perte moyenne de tous les 9 sujets était de 1/7. Joteyko en conclut que c'est là la somme de la fatigue cérébrale. Comme réponse, on peut invoquer le fait que la main gauche peut s'être contractée sympathiquement avec la droite [3] et que les muscles s'en sont ainsi fatigués. En admettant même que le cerveau fût déprimé, la dépression n'est pas nécessairement de la fatigue. A moins que les centres de la main gauche soient actifs pendant le travail

1. Cette observation n'a pas été publiée, mais tous ceux qui étudient la fatigue musculaire ont pu s'en rendre compte incidemment.

2. *Archives de biol.* Liège, 1900, XVI, 486 ; *Année psychol.*, 1900, VII, 161.

3. Voir plus haut, p. 325.

ergographique de la main droite, ils ne sont pas, au sens strict du mot, exposés à la fatigue. Ils peuvent avoir été déprimés par les produits de la fatigue qui proviennent des muscles et circulent à travers les centres nerveux.

Il y a cependant une autre cause de dépression centrale, qui explique probablement le résultat de Joteyko aussi bien que la fatigue rapide qu'on connaît dans la vie. La *sensation de fatigue* n'a jamais assez été prise en considération, comme un facteur dynamique dans la dépression de l'activité motrice ; Hoch et Kræpelin[1], seuls, ont appuyé sur *l'inhibition réflexe* de la contraction musculaire, par l'entremise des sensations de fatigue. Quiconque a travaillé avec l'ergographe a certainement ressenti ces sensations ; tout le monde reconnaît que leur tendance est d'arrêter la contraction ; tout le monde doit avoir remarqué la difficulté qu'on éprouve à résister à cette tendance, difficulté qui, chez les sujets non entraînés, confine à l'impossibilité. Il est peu cependant qui aient remarqué que les sensations de fatigue étaient un facteur réel dans la détermination de la vitesse de la fatigue ; la réalité en est cependant indiquée par les observations de plusieurs auteurs[2], qu'un bras anesthésié peut fournir une contraction plus prolongée qu'un bras sensible et peut travailler plus longtemps sans donner signe d'épuisement.

1. Kraepelin's *Psychologische Arbeiten*, 1896, I, 476.

2. Pitres. *Leçons cliniques sur l'hystérie et l'hypnotisme*, 1891, I, 113. — Binet. *Altérations de la personnalité*, 1892, p. 101. — Frenkel. *Neurol. Centralblatt*, 1893, p. 434.

L'effet des sensations de fatigue est spécifique et général.

L'effet spécifique est l'inhibition à mouvement particulier qui produit les sensations. Si l'effort volontaire persiste néanmoins, les sensations ont pour effet de faire dévier l'innervation vers d'autres muscles qui peuvent produire le même effet externe. Cette dernière tendance se retrouve dans toutes les expériences ergographiques, et l'on prend ses précautions contre elle.

L'effet général des sensations de fatigue est déprimant ou anti-dynamogénique. Elles tendent à affaiblir toute activité nerveuse. Cet effet déprimant n'est pas produit uniquement par une douleur locale dans les muscles, les jointures et les tendons soumis à l'effort, mais aussi par la sensation générale de lassitude et d'oppression qui accompagne une activité fatigante.

Le mot *fatigue* signifie, dans le langage commun, des sensations de fatigue localisées ou diffuses, plutôt qu'une vraie paralysie temporaire d'un muscle ou d'un centre nerveux. Si l'on analyse la fatigue prompte de la vie commune, la fatigue qui nous fait cesser un travail après une quantité modérée d'activité, on voit qu'elle consiste en des sensations de fatigue. Il est très rare qu'un travail quelconque produise une paralysie temporaire d'un muscle ou d'un centre nerveux ; c'est par les sensations de fatigue qu'on est empêché de fournir un surcroît de travail, et ces sensations exercent donc une influence protectrice. Les muscles sont protégés contre l'épuisement, non pas par un épuisement plus rapide des centres nerveux, mais par l'effet inhibitoire réflexe des sensations de fatigue.

Si de la fatigue totale du mouvement volontaire nous déduisons la partie qui est due à la contracture musculaire, celle qui représente la consomption du stock de réserve d'énergie potentielle du muscle, et celle qui est due à l'inhibition des centres par des sensations de fatigue, il ne nous reste pas une quantité appréciable que nous puissions attribuer à l'épuisement des centres nerveux. Il semblerait que dans la pratique ces centres seraient infatigables. Cette théorie est quelque peu radicale. Telles que les choses se présentent actuellement, la théorie de la participation du système nerveux central dans la fatigue motrice est du moins sans preuve. Si les centres se fatiguent, ils se fatiguent très lentement — c'est tout ce qu'on peut considérer comme définitivement établi.

BIBLIOGRAPHIE

DE LA PSYCHOLOGIE DU MOUVEMENT CORPOREL

Sens musculaire.

Sir Charles Bell. — *Philos. Transactions.* London, 1830.

C. Bernard. — Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux, 1858.

Duchenne. — L'électrisation localisée, 3e éd., 1872.

Ferrier. — Functions of the Brain, 2e éd., 1886, p. 383.

Bastian. — *Brain*, 1887, X, 1.

Goldscheider. — *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1889, p. 369; — 1889, Suppl. Bd., p. 141; — 1890, p. 380; and 1893, p. 536. *Zeitschr. f. klin. Med.*, 1889, XV, 82. Gesammelte Abhandlungen. Leipzig, 1898, vol. II.

Gley and Marillier. — *Revue philos.*, 1887, XXIII, 441.

Cremer. — Ueber das Schatzen von Distanzen bei Bewegungen von Arm und Hand. *Inaug.-Dissert.* Würzburg, 1887.

Sherrington. — *Journal of Physiology*, 1894, XVII, 219; and in Schäfer's *Textbook of Physiology*, 1900, II, 1002.

Henri. — *Année psychol.*, 1899, V, 399. Cite beaucoup d'autres ouvrages sur le sens musculaire.

Vaschide N. — In *Comptes Rendus IVe Congrès intern. de psychol.*

Les canaux semi-circulaires.

FLOURENS. — Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux, 2e éd., 1842, p. 452.
GOLTZ. — PFLÜGER'S *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1870, III, 172.
MACH. — Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig, 1875.
JAMES. — *Amer. Journ. of Otology*, 1882, IV, 239.
BREUER. — PFLÜGER'S *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1888, XLIV, 135; 1891, XLVIII, 205; 1897, LXVIII, 596.
KREIDL. — *Ibid.*, 1891, LI, 131.
LEE. — *Journ. of Physiol.*, 1893, XV, 311; and 1894, XVII, 192.
— *Amer. Journ. of Physiol.*, 1898, I, 128.
VON CYON. — PFLÜGER'S *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1900, LXXIX, 211. (Bibliographie).
EWALD. — Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des Nervus octavus. Wiesbaden, 1892.

Perception du mouvement et du poids; loi de Weber, etc.

FECHNER. — Elemente der Psychophysik, 2e éd. Leipzig, 1889, I, 193, etc.
— Revision der Hauptpunkte der Psychophysik, 1882.
— In Sachen der Psychophysik, p. 55.
MERKEL. — WUNDT'S *Philos. Studien*, 1889, V, 253.
FALK. — Versuche über die Raumschätzung mit Hülfe von Armbewegungen. *Inaug.-Dissert.* Dorpat, 1890.
MÜLLER et SCHUMANN. — PFLÜGER'S *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1889, XLV, 37.
MARTIN et MÜLLER. — Die Unterschiedsempfindlichkeit. Leipzig, 1899.
STEFFENS. — *Zeitschr. f. Psychol.*, 1900, XXIII, 240.
DELABARRE. — Ueber Bewegungsempfindungen. *Inaug.-Diss.* Freiburg i. B., 1891.

Loeb. — Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1887, XLI, 107 ; 1890, XLVI, 1.
Fullerton et Cattell. — On the Perception of Small Differences, Univ. of Pennsylvania Philos. Series. Philadelphia, 1892.
Jacobi. — *Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 1893, XXXII, 49.
Woodworth. — *Psychol. Review*, 1899. Monog. Suppl., n° 13.

Action réflexe, etc.

Goltz. — Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1873, VII, 582 ; 1892, II, 570.
Goltz et Ewald. — *Ibid.*, 1896, LXIII, 362.
Schrader. — *Ibid.*, 1887, XLI, 82 ; 1888, XLIV, 175.
Bubnoff et Heidenhain. — *Ibid.*, 1881, XXVI, 175.
Exner. — *Ibid.*, 1882, XXVIII, 487.
Sherrington. — *Proceedings Roy. Soc. London*, 1892, LII, 333.
— *Journal of Physiol.*, 1894, XVII, 27.
— Schäfer's *Texbook of Physiology*, 1900, II, 811, 842.
Schäfer. — *Textbook of Physiology*, 1900, II, 608, 842.
Richet. — *Dictionnaire de physiologie*, III, 9, 17.

Coordination.

Bernard. — Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux, 1858, I, 246.
Bastian. — *Brain*, 1887, X, 1.
Waller. — *Brain*, 1892, LVII, 35.
Goldscheider. — *Zeitschr. f. klin. Med.*, 1889, XV, 111.
Sherrington. — *Proc. Roy. Soc. London*, 1893, LII, 556.
— *Journ. of Physiol.*, 1894, XVII, 27.
Mott et Sherrington. — *Proc. Roy. Soc. London*, 1895, LVII, 481.

Goltz et Ewald. — *Op. cit.*. p. 388.
Bickel. — Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1897, LXVII, 299.
H.-E. Hering. — Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1897, LXVIII, 17 ; 1898, LXX, 559.
— *Neurol. Centralblatt*, 1897, XVI, 1077.
— *Archiv f. exp. Pathol, u. Pharmakol.*, 1897, XXXVIII, 278.
Wissler et Richardson. — *Psychol. Review*, 1900, VII, 29.

Dynamogenèse, mouvements involontaires, Automatismes, etc.

Faraday. — Experimental Researches in Physics and Chemistry. London, 1859, p. 382.
Richet. — *C. R. Soc. de biol.*, 1884, p. 365.
Gley. — *Ibid.*, p. 450.
Lombard. — *Amer. Journ. of Psychol.*, 1887, I, 1.
Binet et Féré. — *Archives de physiol.*, 1887, X, 320.
Féré. — Sensation et Mouvement, 2e éd. Paris, 1900.
Binet. — *Mind*, 1890, XV, 46.
— La suggestibilité. Paris. 1900, p. 360.
Janet (Pierre). — L'automatisme psychologique. Paris, 1889.
Myers. — *Proc. Soc. Psychical Res.*, 1889, V, 526 ; 1893, IX, 26.
James. — *Principles of Psychol.* New-York, 1890, I, 391.
Jastrow. — *Amer. Journ. of Psychol.*, 1892, IV, 398.
Münsterberg et Campbell. — *Psychol. Review*, 1894, I, 441.
Hansen et Lehmann. — Wundt's *Philos. Studien*, 1895, XI, 471.
Solomons et Stein. — *Psychol. Review*, 1896, III, 492.
Stein. — *Ibid.*. 1898, V, 295.

Mouvement volontaire.

Münsterberg. — Die Willenshandlung, 1888.
Kirkpatrik. — *Psychol. Review*, 1899, VI, 275.
Trettien. — *Amer. Journ. of Psychol.*, 1900, XI, 1.

Davis. — *Studies from the Yale Psychol. Lab.*, 1898, VI, 32 ; 1900, VIII, 64.
Bair. — *Psychol. Rev.*, 1901, VIII, 474.

Rapidité et précision du mouvement.

Binet et Courtier. — *Revue philos.*, 1893, XXXV, 664.
Von Kries. — *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1886, Suppl. Bd., p. 6.
Bryan. — *Amer. Journ. of Psychol.*, 1892, 123, IV.
Scripture. — *Studies from the Yale Psychol. Lab.*, 1893, I, 88.
Mc Allister. — *Ibid.*, 1900, VIII, 46.
Woodworth. — *Psychol. Review*, 1899. Monogr. Suppl., n° 13.
Richet. — *Dictionnaire de physiologie*, III, 9.

Temps de réaction simple.

Exner. — Pflüger's *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1873, VII, 601 (Review of the older literature) ; and 1874, VIII, 526.
Wundt. — Grundzüge der physiologischen Psychologie, 4th éd., 1893, II, 310.
James. — *Principles of Psychology*. New-York, 1890, I, 90.
Richet. — *Dictionnaire de physiologie*, III, 19.
Schäfer. — *Textbook of Physiology*, 1900, II, 608.
Cattell. — Wundt's *Philos. Stud.*, 1886, III, 1 ; 1893, VIII, 403.
— *Brain*, 1885, VIII, 295.
— *Mind*, 1886, XI, 221.
Dolley et Cattell. — *Psychol. Rev.*, 1894, I, 159.
Lange. — Wundt's *Philos. Studien*, 1888, IV, 252.
Flournoy. — Observations sur quelques types de réaction simple. Geneva, 1896.
Baldwin. — *Psychol. Rev.*, 1895, II, 259.
Angell et Moore. — *Ibid.*, 1896, III, 245.
Wissler. — *Psychol. Rev.*, 1901. Monogr. Suppl., n° 16.

Fatigue.

WALLER. — *British Med. Journ.*, 1885 (II), 135; 1886 (II), 101.
— *Brain*, 1891, XIV.
MOSSO. — *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1890, p. 89.
— *Archives ital. de biol.*, 1890, XIII, 123.
MAGGIORA. — *Archiv f. (Anat. u.) Physiol.*, 1890, p. 325.
— *Archives ital. de biol.*, 1890, XIII, 231.
LOMBARD. — *Ibid.*, 1890, XIII, 371.
— *Amer. Journ. of Psychol.*, 1890, III, 24.
— *Journal of Physiol.*, 1892, XIII, 1; 1893, XIV, 97.
PITRES. — Leçons cliniques sur l'hystérie et l'hypnotisme, 1891, I, 113.
HOCH et KRAEPELIN. — KRAEPELIN'S *Psychol. Arbeiten*, 1896, I, 378.
BETTMAN. — *Ibid.*, 1896, I, 156.
CATTELL. — WUNDT'S *Philos. Studien*, 1886, III, 489.
— *Psychol. Rev.*, 1898, V, 151.
TREVES. — *Arch. ital. de biol.*, 1898, XXIX, 157; XXX, 1.
— PFLÜGER'S *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1899, LXXVIII, 163.
BINET et VASCHIDE. — *Année psychol.*, 1898, IV, 253.
WOODWORTH. — *Op. cit.*
— *Amer. Journ. of Physiol.*, 1901, V, p. IV.
SCHENCK. — PFLÜGER'S *Archiv f. d. ges. Physiol.*, 1900, LXXXII, 390.
FRANZ. — *Amer. Journ. of Physiol.*, 1900, VII, 348.
HOUGH. — *Ibid.*, 1901, V, 240.
JOTEYKO. — *C. R. Soc. de biol,*, 1899, p. 384.
— *Annales de la Soc. roy. des sciences méd. et nat. de Bruxelles*, 1899, VIII, fasc. 4.
— *Archives de biol.* Liège, 1900, XVI, 486.
— *Année psychol.*, 1898, V, 49 (*Bibliographie*); 1900, VII, 161, cf. 187.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A

Accommodation de l'œil, 362, 375.
Adaptation, 211.
Ampoule, 53, 69.
Amputation, 36.
Anesthésie cutanée, 14, 18, 19.
Anesthésie totale, 14, 34, 40, 42, 257, 295, 398.
Aperception, 353.
Appareils, 84, 87, 90, 113, 116, 118, 120, 121, 123, 130, 134, 135, 136, 137, 145, 146, 147, 269, 280, 284, 300, 333, 338, 346, 356, 372, 376, 378.
Arrêt, 227.
Articulation, 317.
Association, son influence sur le mouvement, 286, 289, 290.
Association, son influence sur la perception, 156, 192.
Association, son influence sur la pratique, 322.
Asymétrie bilatérale, 99.
Ataxie locomotrice, 23, 87, 145, 260.
Attention, 102, 190, 285, 331, 352.
Automatisme, 229, 231, 293.
Automatisme ambulatoire, 297.
Automatisme, analyse de, 301.
Automatisme dans la neurasthénie, 299.
Automatisme dans l'épilepsie, 298.
Automatisme dans le somnambulisme, 297.
Automatisme dans les enfants, 304.
Automatisme dans les sujets normaux, 301, 309.
Automatisme dans l'hypnose, 295, 297.
Automatisme dans l'hystérie, 295, 298.
Automatisme partiel et complet, 297.
Automatisme, théorie de, 307.

B

« Bahnung », 235, 352.
Bulbe, 244.

C

Canaux semi-circulaires, 48.
Canaux, comment excités, 62.
Canaux, courants d'endolymphe dans, 55, 67, 72, 80.
Canaux dans les sourds, 76.
Canaux, effets de leur extirpation, 56, 70.
Canaux, effets de leur stimulation, 66.
Canaux, fonction, 58, 61, 70, 72, 82, 262, 264.
Canaux, paires fonctionnelles, 50, 67.
Canaux, relations d'espace, 50, 67.
Canaux, sensations, 74.
Catalepsie, 295.
Cellule nerveuse, 226, 228, 239, 263.
Centres moteurs, 32, 249, 287, 387.
Cervelet, 244, 264.
Choc, sensations de, 27.
Conductibilité nerveuse, 226, 232.
Conscience prémonitoire du mouvement, 46, 286, 289.
Contracture, 383.
Contraste, 136.
Contrôle du mouvement, comment établi, 329.
Contrôle du mouvement, spécifique, 326.
Contrôle du mouvement, transféré, 325.
Contrôle du mouvement, volontaire, 312.
Coordination, 89, 251.
Coordination, centres de, 264.
Coordination dans le cœur, 252.
Coordination dans l'estomac, 252.
Coordination des muscles squelettaux, 252.
Coordination des sensations, 264.
Coordination guidée par le sens musculaire, 14, 257.
Coordination innée et acquise, 222, 225, 309.
Coordination involontaire, 309.
Coordination, mécanisme de, 262.
Coordination périphérique, 251.
Coordination, relâchement dans, 255.
Corpora quadrigemina, 245, 265, 288.
Corrélation, 152, 158, 164, 215, 354.

D

Diffusion de l'impulsion motrice, 254.
Dissociation des mouvements combinés, 326, 329.
Douleurs musculaires, 12, 20, 25.
Dynamogenèse, 267.

E

Écriture, 327, 334, 340, 367.
Écriture automatique, 293.
Effort, sensations de, 25, 37, 39.
« Einstellung », 122, 162, 166, 168.

Élimination de mouvements inutiles, 254, 322.
Émotion, son influence sur la perception, 111, 190, 268.
Émotion, son influence sur les réflexes, 221, 320.
Épilepsie, 41, 298.
Équation personnelle, 355.
Ergographie, 376.
Erreur constante, 93, 94, 97, 99, 100, 101, 104, 107, 108, 109, 111, 117, 120, 123, 128, 132, 138, 172, 174, 181, 187.
Erreur de temps, 93, 94, 101, 117, 120, 128, 132, 138, 184, 188.
Erreur variable, 93, 95, 172, 174.
Erreurs de perception et de mouvement, 114.
Étendue du mouvement, 83, 89, 152, 185, 195.
Exactitude de la perception du mouvement, mesures de, 93, 95, 96, 111, 112, 114, 116, 119, 152, 196.
Exactitude de la perception du mouvement, conditions de, 97, 98, 111, 121, 132, 133, 134, 135, 164, 171.
Exactitude du mouvement, voir *précision*.

F

Fatigue, 371.
Fatigue centrale, 387, 390, 393.
Fatigue, courbe de, 378, 382.
Fatigue de la contraction soutenue, 385.
Fatigue de l'exactitude, 372.
Fatigue de la force, 376.
Fatigue de la rapidité, 375.
Fatigue, influence sur la perception, 117.
Fatigue et la contracture, 383.
Fatigue, localisation de, 386.
Fatigue, niveau de, 380.
Fatigue, rapidité de, 372, 377, 394.
Fatigue spéciale et générale, 371.
Fatigue, sensations de localisation, 20, 25, 39, 40.
Fatigue, influence sur la fatigue, 271, 295, 398.
Force du mouvement, perception de, 116, 157, 185, 198.
Force du mouvement, influencée par des sensations, 268.
Force motrice des idées, 268, 278, 291, 328, 331.
Fugues, 297.
Fuseau du tendon, 9.
Fuseau musculaire, 8.

H

Habitude, 122, 125, 136, 222, 247, 249, 309, 312, 322.
Hémisphères cérébrales, extirpation, 245.
Hémisphères cérébrales, fonctions, 248, 309.
Hémisphères cérébrales, stimulation, 249, 287.
Hypnose, 295.
Hystérie, 269, 295.

I

Idée du mouvement, 272, 279, 282, 286, 289, 310.

Idées, force motrice des, 268, 278, 291, 328, 331.
Idiot, 247.
Illusion, 181.
Illusion de la pesanteur d'après l'aspect, 140.
Illusion de rotation, 75.
Imitation, 279.
Inhibition, 235, 281.
Inhibition exercée par la volonté, 279, 320.
Inhibition exercée par le cerveau, 238, 248.
Inhibition exercée par des sensations, 238, 259, 268, 398.
Innervation, inconscience de, 43.
Innervation, sens de, 31, 102, 126.
Innervation, vibration, de, 343.
Instinct, 225, 309, 312.
Instinct comme base du mouvement volontaire, 312.
Instinct de l'homme, 315.
Instinct des animaux, 314.
Intelligence, 332.
Intention, analyse de, 310, 322.
Intention, conscience de, 45
Irritabilité nerveuse, 233, 242.

J

Jointures, mouvements des, 85, 89, 252.
Joueur de piano, 326.

L

Labyrinthe, 49, 244.
Labyrinthe, anatomie, 50.
Labyrinthe des sourds, 76.
Labyrinthe, extirpation, 59, 70.
Labyrinthe, fonction, 55, 61, 70, 72, 74, 77, 82, 262, 264.
Labyrinthe, influence sur le tonus musculaire, 61.
Labyrinthe, nerfs, 52, 54.
Labyrinthe, sensations, 74.
Labyrinthe, stimulation, 66.
Labyrinthe, terminaisons nerveuses, 53.
Lagena, 53, 73.
Lecture musculaire, 284.
Localisation subjective des sensations du mouvement, 12, 19, 25.
Loi de Weber, 194, 205.

M

Marcher, 315.
Minimum sensibile, 83, 179.
Moelle épinière, 240, 242, 250.
Moelle prolongée, 243.
Mouvement corporel actif et passif, 44, 84, 87.
Mouvement, ajustement de, 362.
Mouvement appris, 247, 249, 254, 312, 322.
Mouvement artificiel, 326.
Mouvement compensatoire, 63, 66, 68, 70, 73, 244, 262, 264.
Mouvement composé, 252, 321.
Mouvement dans la psychologie, 1, 219.
Mouvement de l'oreille, 328.
Mouvement excité par les idées, 283.

Mouvement expressif, 268, 285, 306.
Mouvement, forme de, 251.
Mouvement habituel, 220, 222, 247, 249, 254, 362.
Mouvement héréditaire, 313, 318.
Mouvement involontaire, 223, 278, 283, 308, 318, 321.
Mouvement nécessaire pour les idées, 281.
Mouvement précis, 356.
Mouvement réflexe, 220, 222, 225.
Mouvement spécialisé, 249, 258.
Mouvement vital, 251.
Mouvement volontaire, 45, 220, 222, 224, 268, 308.
Musique, influence sur le mouvement, 268, 275.

N

Nerf vestibulaire, 54.
Nerfs crâniens, 243.
Nerfs du labyrinthe, 52, 54.
Nerfs sensoriels des muscles, 5.
Nystagmus rotatif, 63, 76.

O

Œil, mouvements de l', 255, 287, 291, 320.
Otolithes, 54, 73.

P

Pensées silencieuses, 280, 284.
Perception, bases sensorielles de, 150.
Perception de différence, 89, 121, 122.
Perception de la force, 116, 137, 198.
Perception de la position, 96, 98, 155.
Perception du mouvement, 83, 109, 195.
Perception du poids, 117, 159, 199.
Perception du temps, 113, 169, 198.
Période réfractaire de l'écorce, 344.
Période réfractaire du synapse, 227.
Planchette, 293.
Poids, 25, 117, 159, 185, 199.
Point d'indifférence, 93, 117, 185.
Pons Varolii, 245.
Position, perception de, 73, 77, 96, 98, 154.
Pratique, 129, 322.
Pratique, influence générale, 324.
Précision du mouvement, 356.
Précision avec et sans contrôle visuel, 366.
Peécision de différents membres, 368.
Précision des deux mains, 367.
Précision des enfants, 369.
Précision et régularité, 364.
Précision et vitesse, 363.
Psychologie individuelle, 342, 354, 358.

R

Racine carrée, formule de la, 195, 205.
Rapidité du mouvement, 333.

Rapidité de différentes jointures, 340.
Rapidité des coups frappés, 339.
Rapidité des deux mains, 339.
Rapidité des enfants, 340.
Rapidité maxima, 336.
Réaction, musculaire et sensorielle, 352.
Réaction préparée, 351.
Réaction, temps de, 346.
Réaction volontaire, 351.
Réflexe, 225.
Réflexe bulbaire, etc., 243.
Réflexe comme base de la conscience, 2.
Réflexe, conditions de, 234.
Réflexe, contrôle volontaire sur, 318.
Réflexe obtenu en stimulant un muscle, 10.
Réflexe obtenu en stimulant une jointure, 10.
Réflexe obtenu en stimulant les canaux semi-circulaires (voir *mouvement compensatoire*).
Réflexe patellaire, 274.
Réflexe segmentaire, 240.
Réflexe spinal, 242.
Réflexe temporaire, 352.
Réflexe, voies nerveuses de, 239.
Relachement des muscles antagonistes, 255.
Relativité, 208.
Représentation kinesthésique, 283, 285.
Résistance, sensations de, 26, 40.
Respiration, 229, 244, 272.
Respiration dans l'effort, 37.
Rotation, 65.
Rotation, illusion de, 75.
Rotation, sensations de, 75, 78.

S

Saccule, 52, 54, 73, 78.
Sens du mouvement, 3, 13.
Sens musculaire, définition, 4, 13, 22, 31.
Sens musculaire, évidence anatomique, 5.
Sens musculaire, évidence physiologique, 10.
Sens musculaire, évidence psychologique, 11.
Sens musculaire, organes, 7, 22.
Sens statique et dynamique, 79.
Sensations, influence dynamogénique ou déprimante, 268.
Sensations du mouvement, différentes sortes, 25, 31, 49, 74.
Sensations du mouvement d'un membre amputé, 36.
Sensations du mouvement d'un membre paralysé, 37.
Sensations du mouvement, influence sur le mouvement, 14, 63, 72, 257, 289, 328, 331.
Sensations du mouvement, origine, 22, 28, 33.
Sensibilité des muscles, 12.
Seuil, 83, 119.
Seuil, critique sur la doctrine du, 176.
Stimulation résiduelle, 206.
Symétrie bilatérale, 97.
Synapse, 227, 344, 349.
Système nerveux, fonctions, 228, 232.

T

Tabes, 23, 87, 145, 260.
Temps de mouvement, 113, 169, 185, 198.
Temps de réaction, 346, 375.
Temps perdu, dans la perception du poids, 136, 161.
Terminaisons sensorielles des muscles, 7, 9.
Terminaisons sensorielles des tendons, 8.
Terminaisons sensorielles du labyrinthe, 53.
Thalamus, 245, 265.
Tonus musculaire, 244, 260, 274, 277.
Tonus nerveux, 234, 272.
Tremor, 244.

U

Utricule, 52, 54, 73, 78.

V

Valve nerveuse, 227.
Variabilité comme source de l'inexactitude, 132, 172, 213.
Vertige, 48, 57, 63, 75, 76.
Vocalisation, 317.
Voies nerveuses, 226, 231, 239, 309, 313.
Volée, 314.
Volonté, 222, 310, 318, 322.

INDEX DES NOMS D'AUTEURS

A

Aars, 396.
Angell, 348, 353.
Angelucci, 363.
Aubert, 363.

B

Bair, 328.
Baldwin, 353.
Barker, 232.
Barkworth, 294.
Bastian, 18, 243, 287.
Beaunis, 347, 352.
Bell, 22.
Bernard, 14, 258.
Bernhardt, 147.
Bettmann, 375.
Bickel, 262.
Biedermann, 119, 200, 204, 238.
Binet, 295, 304, 333, 353, 378, 398.
Blecher, 29.
Bloch, 91, 98, 155, 346.
Bolton, 142.
Bowditch, 96, 276, 346.
Breese, 281.
Bregman, 299.
Breuer, 54, 66, 70, 74, 80.
Briquet, 35.
Brown, 324.
Bruck, 77.
Bruns, 243.
Bryan, 339, 358, 369, 375.
Bubnoff, 236.
Buccola, 347.
Burton-Opitz, 387.

C

Cabadé, 298.
Cajal (Ramón), 55.
Camerer, 103, 334.
Campbell, 291.
Canney, 343.
Cannon, 221.
Cattell, 93, 113, 116, 131, 154, 164, 179, 185, 186, 195, 197, 199, 210, 216, 300, 346, 348, 352, 375, 378.
Charcot, 32.
Charpentier, 140, 182.
Claparède, 4, 142.
Clavière, 143.
Cleghorn, 278, 350.

Courtier, 333.
Cremer, 15, 17, 91, 100.
Curtis, 280.

D

Davis, 324.
Dearborn, 42.
Déjerine, 391.
Delabarre, 103, 106, 108, 111, 183, 185, 190, 300, 354.
Dexter, 317.
Dietl, 350.
Dogiel, 9.
Dolley, 348.
Dresslar, 143, 339.
Du Bois-Reymond, 28.
Duchenne, 12, 18, 23, 35.

E

Egger, 78.
Ewald, 59, 68, 70, 74, 238, 240, 252.
Ewing, 391.
Exner, 235, 346, 350, 351.

F

Falk, 92, 111, 195.
Faraday, 293.
Farrand, 353.
Fechner, 119, 128, 131, 147, 184, 201, 207, 210, 324.
Féré, 155, 269, 281, 295.
Ferrier, 33, 37, 249.
Fick, 378.
Fischer, 253.
Flateau, 391.
Flourens, 56, 71.
Flournoy, 140, 142, 353.
Fracker, 325.
Franz, 379, 381, 385.
Frenkel, 398.
Fullerton, 93, 113, 116, 131, 154, 164, 179, 185, 195, 197, 199, 210, 216.

G

Gaglio, 58.
Garten, 350.
Gaskell, 252.
Géhin, 299.
Gilbert, 143, 325, 376.
Gley, 15, 34, 284.
Goldscheider, 10, 12, 19, 23, 26, 43, 84, 155, 179, 260, 280, 347, 391.
Goltz, 58, 240, 246, 252.
Gotch, 344.
Gowers, 260.
Griffiths, 344.

H

Hall, 99, 101, 183, 348.
Hansen, 280.
Hartwell, 99, 101, 183.
Heidenhain, 236, 265.
Helmholtz, 38.
Henri, 4.
Hering (E.), 119, 200.
Hering (H.-E.), 253, 358, 263.
Hipp, 346.
Hirsch, 346.
Hitzig, 147.
Hoch, 381, 396, 398.
Hodgson (R.), 299.
Hofbauer, 277.
Honigschmied, 347, 348.
Horsley, 343, 344.

Hough, 380, 385, 392.

J

Jaccoud, 145.
Jacobi, 135, 162, 203.
James, 33, 39, 76, 268, 286, 299, 315.
Janet (Pierre), 295, 299.
Jastrow, 96, 179, 185, 283, 300.
Joteyko, 391, 393, 396.

K

Kirkpatrick, 315.
Kleen, 10.
Koranji, 335.
Kramer, 26.
Kräpelin, 92, 350, 381, 396, 398.
Kreidl, 77.
Külpe, 89.

L

Lange, 268, 352.
Larguier des Bancels, 396.
Lee, 58, 68, 70, 74.
Lehmann, 280.
Levinski, 23.
Lewis, 355.
Leyden, 146.
Lindley, 306.
Loeb, 66, 101, 228, 335.
Logan, 354.
Lombard, 274, 381, 389.
Longet, 261.
Löwit, 119, 200, 204.
Luciani, 245.
Lyon, 66.

M

Maggiora, 386.
Marey, 346.
Marillier, 15, 34.
Martin, 122, 126, 128, 139, 164, 186.
Mayhew, 350.
Mc Allister, 336.
Mc Carthy, 297.
Merkel, 134, 202.
Mitchell, 36.
Moldenhauer, 347.
Moore, 348, 353, 375.
Moore (B.), 243.
Moskiewicz, 96.
Mosso (A.), 269, 376, 381, 387.
Mosso (U.), 350, 381.
Mott, 258.
Müller, 37, 122, 133, 139, 142, 160, 182, 186.
Münsterberg, 90, 97, 110, 169, 183, 185, 291, 319.
Myers, 295.
Mygind, 76, 80.

O

Œrtel, 243.
Orschansky, 351.
Ostermann, 98.

P

Partridge, 320.
Patrizi, 375.
Pawlow, 221.
Philippe, 143.
Pieree, 179.
Pillsbury, 24.
Pitres, 32, 35, 398.

Plateau, 210.
Preyer, 79.
Purkinje, 48.

R

Raymond, 299.
Redlich, 32.
Reed, 354.
Régis, 298.
Richardson, 255, 325.
Richet, 227, 284, 344, 347.
Rosenthal, 229.
Rossi, 381.

S

Schäfer, 32, 42, 227, 239, 287, 343.
Schaffer, 381.
Schenck, 379, 385.
Schrader, 242, 245.
Schumann, 37, 123, 133, 142, 160.
Scripture, 324, 334, 375.
Seashore, 141, 354.
Senator, 243.
Sergi, 268.
Sherrington, 6, 10, 238, 241, 255, 258.
Smith, 324.
Smith (T. L.), 281.
Solomons, 301.
Sommer, 300.
Southard, 96.
Spalding, 314.
Steffens, 122, 163, 168.
Stein, 301, 303.
Steinach, 347.
Stevens, 115.
Stewart, 350.
Strehl, 77.

T

Thomas, 35.
Thorndike, 204, 314, 323, 326.
Tissié, 298.
Trettien, 316.
Treves, 378, 393, 395.
Tucker, 283.
Tunstall, 343.

V

Van Biervliet, 142.
Varigny, 284.
Vaschide, 354, 378.
Vierordt, 103, 334.
Vogt, 274.
Von Cyon, 81.
Von Kries, 338, 340, 343, 348.
Von Tobel, 375.
Von Vintschgau, 347, 350.

W

Waller, 39, 213, 259, 389, 392.
Warren, 276, 346, 351.
Weber, 19, 117, 176, 194, 199, 324.
Wissler, 255, 325, 354.
Wolfe, 143.
Woodworth, 92, 107, 111, 153, 204, 357, 372, 394.
Wreschner, 138, 185.
Wundt, 134, 207, 221, 346, 352.

Z

Zoth, 325.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

INTRODUCTION. 1

Ire partie : Perception des mouvements du corps.

CHAPITRE Ier. — *Le sens musculaire.* 3

Preuves anatomiques, physiologiques, psychologiques et cliniques.

Sous-division du « sens musculaire » en sens des jointures, sens des tendons, etc.

Problème des sensations d'innervation.

CHAPITRE II. — *Le sens de la rotation. Fonctions des canaux semi-circulaires.* 48

Anatomie.

Expériences physiologiques.

Expériences sur les sourds-muets.

Théories de la fonction des canaux.

CHAPITRE III. — *La perception du mouvement. Aperçu sur la littérature.* 83

Expériences sur la perception de l'étendue, du temps et de la force du mouvement, et sur la perception des poids soulevés.

CHAPITRE IV. — *La base sensitive des différentes perceptions du mouvement.* 150

CHAPITRE V. — *Les causes de l'inexactitude dans la perception et la production du mouvement.* . . 171

Conception générale des erreurs constantes et variables.

CHAPITRE VI. — *Erreurs constantes et illusions dans la perception du mouvement.* 180

Variabilité de l' « erreur constante ».
L' « erreur du temps ».
Facteurs qui causent les erreurs constantes.

CHAPITRE VII. — *La loi de Weber dans la perception du mouvement.* 194

Collation de tous les résultats expérimentaux.
La loi de Weber n'est vraie ni d'une façon empirique, ni d'une façon typique.
Lois qu'on y substitue.

IIe partie : Production du mouvement.

CHAPITRE VIII. — *Introduction.* 219

Distinction entre les mouvements réflexes, habituels et volontaires.

CHAPITRE IX. — *Action réflexe.* 225

La base nerveuse des mouvements réflexes et de tous les mouvements, considérée comme une complication des réflexes.
Inhibition et « Bahnung ».
Fonctions motrices de la moelle épinière et des différentes parties du cerveau.

CHAPITRE X. — *Coordination.* 251

Facteurs périphériques.
Développement et étendue de l'impulsion motrice.
Relâchement des muscles antagonistes.

Dépendance entre la coordination et la sensation.
Mécanisme nerveux de la coordination.

CHAPITRE XI. — *Dynamogenèse. Force motrice des sensations et des idées.* 267

Expériences de Féré.
Effet des sensations et des conditions mentales sur le réflexe patellaire.
Les mouvements résultent des idées et non pas simplement des idées de mouvement.

CHAPITRE XII. — *Automatisme moteur.* 293

Écriture automatique, etc.
L'automatisme dans l'hystérie, l'épilepsie, la neurasthénie.
Possibilité de développer l'automatisme chez la plupart des personnes.
Théorie.

CHAPITRE XIII. — *Mouvement volontaire.* 308

Limites. Bases instinctives pour les mouvements volontaires.
Acquisition du contrôle volontaire.

CHAPITRE XIV. — *Rapidité des mouvements du corps.* 333

Courbe de la rapidité.
Rapidité *maxima* de différents mouvements.
Temps de réaction.

CHAPITRE XV. — *Précision du mouvement.* . . . 356

Adaptations initiales et ultérieures du mouvement.
Influence de la rapidité sur l'exactitude.
Contrôle sensoriel de l'exactitude du mouvement.
Développement de la précision du mouvement chez les enfants.

Chapitre XVI. — *Fatigue du mouvement*. 371

Modifications de l'exactitude, de la rapidité et de la force dans la fatigue.

La contracture considérée comme un facteur de fatigue.

Origine périphérique de la fatigue motrice.

Effet inhibitoire réflexe des sensations de fatigue.

Bibliographie. 401

Table alphabétique des matières. 407

Index des noms d'auteurs. 414

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

CHARTRES. — IMPRIMERIE DURAND, RUE FULBERT.